



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
REGIÓN XALAPA**

**“PROPUESTA PARA SUSTITUCION DE AGREGADOS PETREOS
POR AGREGADOS PET, EN DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
CON RESISTENCIA $F'C=150\text{KG/CM}^2$, USADO PARA BANQUETAS,
GUARNICIONES Y FIRMES.”**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN CONSTRUCCIÓN**

PRESENTA

Edgar Antonio Méndez Silva

DIRECTOR

DR. ING. SAUL CASTILLO AGUILAR

INDICE GENERAL.

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| CAPÍTULO 1 | 7 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 7 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO | 7 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN..... | 9 |
| 1.3 OBJETIVO GENERAL..... | 11 |
| 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 12 |
| 1.5 CONCLUSIONES..... | 13 |
| CAPITULO 2 | 15 |
| ANTECEDENTES | 15 |
| 2.1 ANTECEDENTES DE EL PLÁSTICO..... | 15 |
| 2.2 PROPIEDADES Y CARÁCTERÍSTICAS | 19 |
| 2.3 CLASIFICACIÓN DEL PLÁSTICO..... | 21 |
| 2.3.1. Clasificación de los Plásticos..... | 21 |
| 2.3.2 Clasificación de los plásticos según el monómero base..... | 21 |
| 2.3.3. Según su comportamiento frente al calor: | 22 |
| 2.3.4. Las principales resinas son: | 23 |
| 2.4. CONCLUSIONES | 24 |
| CAPITULO 3 | 25 |
| EL PET | 25 |
| 3.1 HISTORIA DEL PET..... | 25 |
| 3.2 DEFINICIÓN DEL PET..... | 26 |
| 3.3 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL PET..... | 28 |
| 3.3.1. Proceso productivo..... | 29 |
| 3.4. EL PET Y LA COMPARACION CON OTROS MATERIALES..... | 31 |
| 3.4.1. Comparativa del material PET con otros materiales..... | 31 |
| 3.5. CONCLUSIONES..... | 32 |
| CAPITULO 4 | 33 |
| AGREGADOS PETREOS GRUESOS Y FINOS..... | 33 |
| 4.1 DEFINICIÓN DE AGREGADO GRUESO..... | 33 |

INDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 4.2 DEFINICIÓN DE AGREGADO FINO..... | 36 |
| 4.3. CONCLUSIONES. | 39 |
| CAPITULO 5 | 40 |
| AGREGADOS PLASTICOS GRUESOS Y FINOS..... | 40 |
| 5.1 DEFINICIÓN DE AGREGADO GRUESO PLÁSTICO..... | 40 |
| 5.1.1. Agregado Grueso Plástico. | 40 |
| 5.2. DEFINICIÓN DE AGREGADO FINO PLASTICO. | 42 |
| 5.2.1. Agregado Fino Plástico. | 42 |
| 5.3 FABRICACION DE AGREGADOS PLASTICOS GRUESOS Y FINOS. | 44 |
| 5.3.1.Proceso de la elaboracion de Grava y arena plàstica..... | 44 |
| 5.4. CONCLUSIONES. | 51 |
| CAPITULO 6 | 52 |
| PRUEBAS DE LABORATORIO..... | 52 |
| 6.1 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS CON LAS QUE DEBE CONTAR UN CONCRETO ELABORADO EN LABORATORIO..... | 52 |
| 6.1.1. Trabajabilidad..... | 52 |
| 6.1.2. Resistencia..... | 53 |
| 6.1.3. Consistencia: | 54 |
| 6.1.4. Segregación: | 54 |
| 6.1.4. Exudación: | 55 |
| 6.1.5. Durabilidad: | 55 |
| 6.1.6. Curado: | 55 |
| 6.1.7. Fraguado: | 55 |
| 6.2. ELABORACIÓN DE CONCRETO A BASE DE AGREGADO GRUESO Y FINO PLASTICO..... | 56 |
| 6.2.1. Materiales. | 57 |
| 6.3 PRUEBA DE REVENIMIENTO. | 62 |
| 6.3.1 Método de curado para las pruebas de concreto..... | 62 |
| 6.4. RESISTENCIAS OBTENIDAS. | 67 |
| 6.4.1. Elementos del informe de los especímenes de concreto. | 67 |
| 6.5. CONCLUSIONES. | 78 |
| CAPITULO 7 | 79 |
| ELABORACIÓN DE MUESTREO. | 79 |

INDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| .1. ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO..... | 79 |
| 7.1.1. Pasos para la Elaboración de una muestra para ensaye: | 83 |
| 7.2. CONCLUSIONES. | 86 |
| CAPÍTULO 8 | 87 |
| MORTERO PLASTICO | 87 |
| 8.1 SIGNIFICADO DE MORTERO. | 87 |
| 8.1.1. Clasificación..... | 89 |
| 8.1.2. Especificaciones..... | 89 |
| 8.1.3. Muestreo | 89 |
| 8.2. ELABORACIÓN DE MORTEROS CON AGREGADO FINO PLÁSTICO..... | 89 |
| 8.3. PRUEBA DE FLUIDEZ. | 94 |
| 8.4 ELABORACION DE MUESTRAS DE MORTERO CON CEMENTO PORTLAND. | 96 |
| 8.4.1. Llenado del Molde para Prueba de Fluidéz..... | 96 |
| 8.4.2. Vaciado de Molde con mortero para prueba de Fluidéz | 97 |
| 8.4 RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS A LA COMPRESIÓN PARA MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND..... | 102 |
| 8.5. RESULTADOS OBTENIDOS A LAS MUESTRAS ENSAYADAS | 111 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 116 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 117 |
| NORMAS DE CONCRETO | 117 |
| NORMAS DE MORTERO..... | 117 |

INTRODUCCIÓN

En estos tiempos nos hemos topado con un país que crece a desmedida y sin control, el cual no respeta e ignora el desgaste que le producimos a nuestro planeta, logrando acabar con los pocos recursos naturales no renovables con los que contamos.

Un punto importante de esta época es la Globalización en la cual se está enfocando los campos de la economía, la tecnología y la innovación y dentro de estas áreas se entrelaza a fondo la Construcción. Y esta a su vez no puede desligarse de dicha globalización. Es por eso que podemos ver en nuestro país y en el resto del mundo las huellas del hombre en contra de la vida misma, produciendo cada vez más productos de bajo costo para saciar las necesidades humanas sin estudiar las consecuencias que traen consigo dichos productos.

Las concentraciones humanas se han agrupado de manera elevada que no hemos visto el daño que hemos causado, y en particular porque muchos de nosotros hemos usado más de una vez algún producto de plástico, y dentro de estos productos de plástico están las BOTELLAS DE PLASTICO ó dicho de otra manera material tipo PET (Polietileno Tereftalato). Las cuales se compran en cualquier tienda, centro comercial o de autoservicio, solo buscando el producto que lleva dentro ya sea Agua o algún refresco de sabor o bebida en especial y todo esto a consecuencia del poco acceso al agua potable.

Esto nos ha llevado a estar en el primer lugar a nivel mundial en Consumo de agua embotellada, dando un promedio por persona de 234 litros al año, muy debajo de lo que consume Estados Unidos con 110 litros o España con 119 litros. Actualmente, la venta de agua embotellada asciende a 26 mil 032 millones de litros al año, de los cuales se estima que 18 mil 222 millones (70%) fueron comercializados en garrafón y 7 mil 809 millones (30%) en botellas individuales.(1)

(1) Datos extraídos de el Periódico el Universal :<http://www.eluniversal.com.mx/notas/680991.html>

Todo esto lleva a un excesivo uso de PET, se podría decir innecesario ya que se pueden usar de diferentes maneras o tomar agua usando la misma botella, ya dígase en un bebedero publico o en las escuelas, donde se es muy requerido el vital liquido, una respuesta a esta necesidad podría prevenirse cargando una botella llenada en la misma casa, oficina, etc.

Es por eso que se busco mediante un estudio a base de pruebas en Laboratorio utilizar este deshecho común, como un sustituto artificial dentro de los agregados gruesos y finos para la elaboración de concreto común de una resistencia $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, que pueda ser usada en necesidades básicas de la comunidad que no tiene el acceso fácil a estos agregados pétreos que en ocasiones son explotados de manera irracional. Se busca también usarlos en manera proporcional a los volúmenes necesarios en diferentes resistencias y reguladas por las normas mexicanas de la construcción.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO

En vista a la problemática que se ha presentado en los últimos años con respecto al volumen de basura que abunda en las principales ciudades del país, así como el crecimiento desmedido de la población en los estados centrales, al estado de las vías, y al desarrollo de otras zonas del territorio nacional.

Surge como proyecto el reciclaje de material tipo PET, convertido en agregado grueso y fino, para la ayuda de la construcción de una de las necesidades básicas de la vivienda digna y de la urbanización como lo es la **banqueta, guarnición y firme** teniendo como fin buscar una solución a la problemática y a su vez a la contribución del desarrollo de la nación.

Ya que en los últimos años se están realizando variadas y numerosas investigaciones sobre la utilización de productos que han sido desechados, estos para aplicarlos en el concreto para darle un menor costo a este.

Dichos productos están incluyendo ceniza volante, llantas desechadas, pedazos de metal, arena quemada de fundición, vidrio, y fibras. Todos estos productos de desecho están proporcionando un resultado específico a las propiedades del concreto fresco y endurecido.

El uso de productos de desecho en el concreto no solo lo hace económico, sino también resuelve algunos de los problemas de la eliminación de desperdicios.

Los agregados son fragmentos o granos pétreos que abaratan la mezcla y la dotan de características favorables relacionadas con el desarrollo de resistencias mecánicas, trabajabilidad, la adherencia con la pasta de cemento y la disminución de retracción plástica, entre otras.

En la actualidad se realizan una gran variedad de investigaciones para determinar el efecto específico de cada producto de desecho a fin de utilizarlos en el campo de la construcción con mayor confianza ya que es demasiado grande las necesidades del humano por reducir costos y contaminación.

Uno de los productos considerado un desecho, es el plástico., por eso se proyecta AGREGADOS ARTIFICIALES, los cuales son GRAVA Y ARENA PLASTICA; elaborada con botellas de PET; las cuales fueron recicladas, y ensayadas para poder elaborar un concreto con cierta resistencia la cual se comprobó mediante normas mexicanas dentro del Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil de Xalapa, en la cual se desarrollo un producto con la calidad para poder construir Banquetas, firmes y guarniciones.

Otro beneficio del proyecto, es que durante el proceso de la ARENA Y GRAVA PLASTICA, no se requiere de agua para su elaboración, ayudando a no contaminar el vital líquido.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como fin, el contribuir a elevar la calidad de vida de la población que habitan en zonas rurales y colonias populares que cuentan con un alto rezago social y que se les imposibilita la adquisición de productos pétreos de bancos naturales, ya sea por el costo ó por la localización de estos, todo esto mediante acciones de mejoramiento de vivienda.

Esto contribuye de manera directa en el proceso del reciclado, ayudando a eliminar estos desechos cotidianos que desfavorecen el entorno natural, ya que el PET, dentro de la sociedad ha sido un gran benefactor en las necesidades cotidianas, y por su bajo costo; su acceso se vuelve un producto fácil de eliminar, encontrándose en cualquier bote de basura o tirado por los suelos.

Es por ello que se logró que fuera un producto difícil de erradicar, con esta problemática se determinó darle un uso importante dentro del ramo de la construcción, es decir aprovecharlo en su totalidad como basura inorgánica sin valor y darle una forma similar a un agregados gruesos o fino, los cuales son elementos básicos de un concreto convencional,

Este sustituto de agregado artificial se hará en porcentajes que ayuden a la mezcla a no utilizar tanto agregado natural, convirtiéndolo en un producto con desechos reciclados y logrando un bien común.

También se busca la forma de hacerlo un producto industrializado, para poder realizarlo en volúmenes que puedan abastecer necesidades básicas de una casa habitación, como lo son los FIRMES, BANQUETAS Y GUARNICIONES, de concreto pobres o de resistencia menores a los $F'c=300\text{kg/cm}^2$, ya que son elementos principales en viviendas donde solo se cuenta con tierra como firme.

El motivo principal de dicho estudio es mejorar el espacio donde se desarrollan los integrantes de las familias, tanto como fortalecer uno de los principales bienes que integran el patrimonio familiar, ya que esto contribuye a la disminución de las tasas de mortalidad por contagio de enfermedades gastrointestinales y respiratorias.

Otro de los beneficios que se obtendrían a través de un piso firme serán los siguientes:

- 1) Disminuye la presencia de parásitos en niños.
- 2) Disminuye los episodios de diarrea en niños.
- 3) Disminuye la incidencia de anemia en los pequeños.
- 4) Ayuda a incrementar la calidad de vida de las personas.

Este proyecto tiene como finalidad el fortalecer el reciclaje a nivel regional, estatal y nacional para poder incrementar la cultura del reciclaje, teniendo centros de acopio que reciban el elemento PET y que este sea procesado dentro del mismo centro de acopio

1.3 OBJETIVO GENERAL.

Esta propuesta busca lograr la sustitución en los concretos pobres, así como en el ámbito económico y ecológico, debido a que se basa en disminuciones de agregado grueso y fino; ó conocido comúnmente como grava y arena, ya que es un elemento muy importante dentro de la mezcla de concreto y que a la fecha se han devastado bancos de materia prima sin que este regularizado, acarreando una tala y explotación de áreas verdes muy extensas y por consecuencia se lograría un ahorro mínimo, pero que sea considerable en los costos por metro cúbico del diseño de mezcla en cuestión.

De este modo la propuesta para el cambio de grava convencional por grava plásticas servirá como base para realizarse a grande escala en la cultura del reciclaje, tratando de llegar a las comunidades necesitadas en las cuales el costo por dicho agregado no se llega a obtener o es muy elevado su costo por flete o acarreo de este material .

Al realizar esta propuesta y llegado a lograr un resultado satisfactorio estamos asegurando que el diseño propuesto para el concreto, siempre y cuando cumpla con todas las especificaciones y normativas respectivas para la elaboración de concreto.

Lo que nos garantizaría un concreto que sea aplicado en obra con el fin de lograr concretos para firmes, banquetas y guarniciones, los cuales están dentro de los $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$, una resistencia común que se logra en obra y sin necesidad de maquinaria especializada.

Viendo la importancia desde el punto económico, tendrá a ayudar la economía de la obra, vendiendo el producto a un costo igual ó por debajo del costo comercial actual.

Esta propuesta que se trata de realizar. es de gran importancia en el ámbito económico debido a que esta propuesta se basa en disminuciones de Agregado Grueso o mejor dicho grava, ya que es un elemento muy importante dentro de una mezcla de concreto y que a la fecha se han devastado bancos de materia prima

sin que este regularizado, acarreando una tala y explotación de áreas verdes muy extensas y por consecuencia se lograría un ahorro mínimo pero que sea considerable en los costos por metro cúbico del diseño de mezcla en cuestión.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Utilizar bajo proporciones un diseño de mezcla ,que sustituya en porcentaje de grava y arena convencional por GRAVA Y ARENA PLASTICA, usando la materia prima que es el PET, y realizar cilindros de concreto y muestras de mortero, para ensayarlos en laboratorio mediante pruebas a la compresión en 3,7 14 y 28 días.

En este proyecto se buscó obtener resultados positivos en los siguientes puntos:

- 1) Diseño de una mezcla-propuesta, para obtener una Resistencia la cual registrará todos los ensayos.
- 2) Analizar resultados de ensayos realizados al diseño de mezcla propuesto.
- 3) Elaborar la propuesta de mejora del diseño de mezcla.
- 4) Buscar la calidad en los productos obtenidos, para poder introducirlos en una competencia mercantil a nivel regional.

Los beneficios monetarios que resultaran de este proceso serian empleados a la compra de la materia PET, logrando que la gente se interese en la recolección del Plástico, y ayudando a las familias a sostenerse económicamente, esto lo haría un comercio competitivo, esto llevaría como fin la limpieza diaria de toda una ciudad para poder abastecer la necesidad de los agregados, cerrando un ciclo de compra-venta.

Obtenido dicho resultado, se buscara la forma de medirlo con precios locales, para poder tener una producción que pueda competir con bancos foráneos, así como instalar fábricas en municipios alejados para poder abaratar costo de transportación.

Como se logra un objetivo con un bien común, este proyecto tiene un interés ecológico, logrando desaparecer un elemento que contamina, haciéndolo un proyecto novedoso entre las necesidades de la gente que requieren construir, ayudando a resolver la demanda de agregados, haciéndolo un producto alternativo y novedoso.

Avanzado el proyecto de reciclado, se estará buscando la manera de realizarlo de forma industrial para poder abastecer las necesidades locales, esto ayudaría a formar brigadas de recolección en colonias, congregación, municipios, etc.

Estaríamos dentro de las normas de construcción para la elaboración de concreto, por lo cual el producto, GRAVA Y ARENA PLASTICA, no perjudican el entorno y ambiente natural.

Teniendo la recolección diaria, se procesará en ese mismo momento para obtener el producto al instante para poder lograr que sea un producto el cual se pueda ya empezar a utilizar en los elementos ya mencionados.

1.5 CONCLUSIONES.

Como se puede comprender, el reciclaje en la actualidad cumple una función muy importante en cualquier sociedad, país o continente, es por eso que se busca la manera de realizar un elemento constructivo mediante material de desecho, al día de hoy es una opción muy rentable a comparación de los agregados pétreos naturales, ya que se estaría evitando un porcentaje de la sobreexplotación de áreas naturales.

Esto tendría una eficacia notoria para lugares que no cuentan con bancos de agregados pétreos, ya que este proyecto busca enfocarse en comunidades muy retiradas las cuales puedan utilizar estos Agregados Artificiales de una manera que resuelvan la escasez de agregados naturales, debido a su costo en flete.

Por lo tanto se propone este estudio los pasos y puntos que se siguieron para elaborar un concreto con resistencia $f'c=300\text{kg/cm}^2$ para elementos estructurales como lo son los firmes, banquetas y las guarniciones.

A continuación se explicara los antecedentes de la materia prima que es el PET, el cual será utilizado en su totalidad, como lo son los envases o botellas de agua.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

2.1 ANTECEDENTES DE EL PLÁSTICO.

El término **plástico** en su significación más general, se aplica a las sustancias de similares estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones.

Sin embargo, en sentido concreto, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación semi-natural de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

La palabra plástico se usó originalmente como adjetivo para denotar un escaso grado de movilidad y facilidad para adquirir cierta forma, sentido que se conserva en el término plasticidad.

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860 en los Estados Unidos, cuando se ofrecieron 10.000 dólares a quien produjera un sustituto del marfil (cuyas reservas se agotaban) para la fabricación de bolas de billar. Ganó el premio John Hyatt, quien inventó un tipo de plástico al que llamó celuloide.

El celuloide se fabricaba disolviendo celulosa, un hidrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución de alcanfor y etanol.

Con él se empezaron a fabricar distintos objetos como mangos de cuchillo, armazones de lentes y película cinematográfica.

Sin el celuloide no hubiera podido iniciarse la industria cinematográfica a fines del siglo XIX. El celuloide puede ser ablandado repetidamente y moldeado de nuevo mediante calor, por lo que recibe el calificativo de termoplástico.

En 1907 Leo Baekeland inventó la baquelita, el primer plástico calificado como termofijo o termoestable: plásticos que puede ser fundidos y moldeados mientras están calientes, pero que no pueden ser ablandados por el calor y moldeados de nuevo una vez que han fraguado.

La baquelita es aislante y resistente al agua, a los ácidos y al calor moderado. Debido a estas características se extendió rápidamente a numerosos objetos de uso doméstico y componentes eléctricos de uso general. Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros.

En la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP) que es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno) pertenece al grupo de las poliolefinas.

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo.

Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos, pots y hueveras. El poliestireno expandido (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislante térmico.

También en los años 30 se crea la primera fibra artificial, el nylon. Su descubridor fue el químico Wallace Carothers, que trabajaba para la empresa Du Pont. Descubrió que dos sustancias químicas como el hexametildiamina y ácido adípico podían formar un polímero que bombeado a través de agujeros y estirados podían formar hilos que podían tejerse.

Su primer uso fue la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana. Al nylon le siguieron otras fibras sintéticas como por ejemplo el orlón y el acrilán.

En la presente década, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se ha desarrollado vertiginosamente el uso del tereftalato de polietileno (PET), material que viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases. (**Ver Fig. 1**)

La palabra plástico se usó originalmente como adjetivo para denotar un escaso grado de movilidad y facilidad para adquirir cierta forma, sentido que se conserva en el término plasticidad.



Fig. 1. Uso básico del PET.

El término plástico en su significación más general, se aplica a las sustancias de similares estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones.

Sin embargo, en sentido concreto, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación semi-natural de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

A diferencia de materiales existentes en la naturaleza como, la madera y la piel de animales, que han sido utilizadas desde el origen de la humanidad; vidrio y metal que registran su uso en las primeras civilizaciones como Babilonia y Egipto; el plástico, es el primer material sintético, creado por el hombre.

2.2 PROPIEDADES Y CARÁCTERÍSTICAS

Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominados polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono.

Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica.

De hecho, plástico se refiere a un estado del material, pero no al material en sí los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos.

Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad.

Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra.

Las propiedades y características de la mayoría de los plásticos (aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales) son estas:

- 1) Fáciles de trabajar y moldear,
- 2) Tienen un bajo costo de producción,
- 3) Poseen baja densidad,
- 4) Suelen ser impermeables,
- 5) Buenos aislantes eléctricos,
- 6) Aceptables aislantes acústicos,
- 7) Excelentes aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas,
- 8) Resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos;
- 9) Algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar, y si se queman, son muy contaminantes.

2.3 CLASIFICACIÓN DEL PLÁSTICO.

2.3.1. Clasificación de los Plásticos.

De acuerdo a su importancia comercial por sus aplicaciones en el mercado, se encuentran los denominados COMODITIES los cuales se muestran en la TABLA 2.1

TABLA 2.1 .CODIGOS DE IDENTIFICACION DE LOS TIPOS DE PLASTICO

| TIPO DE TERMOPLÁSTICO | CLAVE | TIPO DE USO |
|--|-------|--|
| Polietileno tereftalato (PET o PETE) | 1 | Se utiliza para botellas de refresco carbonatado y para recipientes de comida. |
| Polietileno de alta densidad (HDPE O PEAD) | 2 | Empleado en las botellas de leche, detergente, bolsas, entre otros. |
| Policloruro de vinilo (PVC) | 3 | Frecuente en los envases de película fina y envolturas. |
| Polietileno de baja densidad (LDPE) | 4 | Este plástico fuerte, flexible y transparente se puede encontrar en algunas botellas y bolsas muy diversas (de la compra o para comida congelada, pan, etc.) |
| Polipropileno (PP) | 5 | Usado para las cajas de botellas, maletas, tapas y etiquetas. |
| Poliestireno (PS) | 6 | Empleado en la producción de vasos y platos de unicel y artículos moldeados por inyección. |
| Otros | 7 | Todas las demás resinas y materiales multilaminados. Son utilizados en productos que no tienen grandes especificaciones (Defensas de autos, postes, etc.) |

2.3.2 Clasificación de los plásticos según el monómero base.

En esta clasificación se considera el origen del monómero del cual parte la producción del polímero. (*Ver Fig. 2*)

- 1) Naturales: Son los polímeros cuyos monómeros son derivados de productos de origen natural con ciertas características como, por ejemplo, la celulosa, la caseína y el caucho. Dentro de dos de estos ejemplos existen otros plásticos de los cuales provienen:
- 2) Los derivados de la celulosa son: el celuloide, el celofán y el cellón.
- 3) Los derivados del caucho son: la goma y la ebonita.

- 4) Sintéticos: Son aquellos que tienen origen en productos elaborados por el hombre, principalmente derivados del petróleo como lo son las bolsas de polietileno

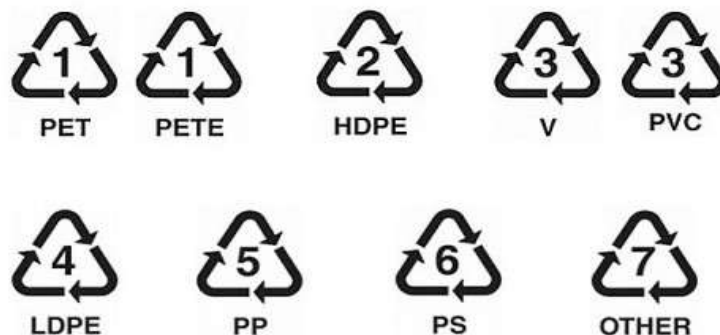


Fig. 2. Simbología para la Clasificación del PET

2.3.3. Según su comportamiento frente al calor:

Un termoplástico es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se convierte en un líquido cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría suficiente. La mayoría de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los que poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (Polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno; o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno).

2.3.3.1. Termoplásticos

Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse éstos pueden recalentarse y formar otros objetos, ya que en el caso de los termoestables o termoduros, su forma después de enfriarse no cambia y este prefiere incendiarse.

Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces.

(2) Datos extraídos de la pagina:

http://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico#Propiedades_y_caracter.C3.ADsticas

2.3.4. Las principales resinas son:

- Resinas celulósicas: obtenidas a partir de la celulosa, el material constituyente de la parte leñosa de las plantas. Pertenece a este grupo el rayón. (**Ver Figura 3**)



Fig. 3 Celulosa Cruda o Kraft

- Polietilenos y derivados: Emplean como materia prima el etileno obtenido del craqueo del petróleo que, tratado posteriormente, permite obtener diferentes monómeros como acetato de vinilo, alcohol vinílico, cloruro de vinilo, etc. Pertenecen a este grupo el PVC, el poliestireno, el metacrilato, etc. (**Ver Figura 4**)



Fig. 4 Celulosa Blanqueada o Resina.

- Derivados de las proteínas: Pertenecen a este grupo el nailon y el perlón, obtenidos a partir de las diamidas.
- Derivados del caucho: Son ejemplo de este grupo los llamados comercialmente pliofilmes, clorhidratos de caucho obtenidos adicionando ácido clorhídrico a los polímeros de caucho. (*Ver Figura 5*)



Fig. 5 Tipos de Resina

El código de Identificación es adoptado en México el 25 de Noviembre de 1999 en la NMX-E-232-SCFI-1999 basado en la identificación de Europa y países de América. (3)

2.4. CONCLUSIONES

A lo largo de este siglo se ha estado innovando en el uso del PET, en todas las áreas existentes se incluye el PET, desde productos para el campo de la SALUD, como lo son envases de medicinas, utensilios quirúrgicos, etc., y en la vida común, como lo son envases de agua purificada, detergentes líquidos, empaques para alimentos, etc., en todas las áreas el PET, es un elemento muy necesario por el ser humano, pero esto llevo a un desorden y mal uso de dicha necesidad, es por eso que se busca la manera de recopilar y producir un producto que tenga como beneficio la construcción.

(3) **FUENTE:** "Enciclopedia del Plástico 2000"; **Centro Empresarial del Plástico**

CAPITULO 3

EL PET

3.1 HISTORIA DEL PET

El PET se desarrolló primero para su uso en las fibras sintéticas por dos químicos ingleses, John Rex Whinfield y James Tennant Dickson, las impresoras Callicó británica en 1941. Los derechos de patente se vendieron a DuPont e ICI que luego culpó a licencias regionales a otras empresas.

Comenzó a ser utilizado en películas de embalaje en los años 60. En los primeros años 70 fue desarrollado comercialmente la técnica para “soplar” botellas de Bi-orientado. Las botellas son responsables de la gran mayoría del consumo de resina de PET.

En los años 80 desarrolló el CPET, polietileno tereftalato cristalizado, lo que permite su uso en hornos de microondas como en hornos convencionales. Más recientemente, el PETG, glicol de polietileno tereftalato, en alternativa ecológica al mercado de tarjetas en general (tarjetas de crédito, por ejemplo). También se utiliza en otras aplicaciones que requieren termoformado.

El PET es un producto transparente, resistente y ultraligero. Estas características contribuyen en gran medida a su éxito en películas, como las botellas. Por ejemplo, las bebidas pueden generar presión dentro de la botella que supere los 6 bares.

Sin embargo, esta alta presión, gracias a la alineación de las macromoléculas (cristalización) que ocurre durante la producción de resina y durante el proceso de moldeo como “golpe” no es capaz de deformar la botella ni provocar su explosión.

Las películas basadas en PET-también tienen una resistencia superior a otros materiales plásticos existentes: resistencia a la tracción = 45 N / mm^2 y un alargamiento a la rotura = 300%.

3.2 DEFINICIÓN DEL PET

Gracias a sus muchas cualidades como fuerza, ligereza, transparencia, brillo y reciclables, el PET es muy apreciada por los consumidores. Es sólo que el consumidor pueda identificar un producto que ofrece tantas ventajas y en el que confiar. Para hacer visible la posibilidad de recuperar un paquete a la “American Society of Plastics Industry” ha desarrollado un símbolo que se ha convertido en norma: las flechas tres interdirecionadas.

Este símbolo, junto con el sistema de numeración que identifica la naturaleza del material, permite la correcta identificación de PET. El sistema de numeración que se trate combina plásticos con números de 1-19.

El PET es identificado con el número 1.

Este símbolo puede aparecer tanto en la impresión de envases con forma de tapa de la parte inferior de la misma. (*Ver Figura 6*)



Fig. 6 Sistema de Identificación de Envases PET.

Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería.

El Polietileno Tereftalato (PET) es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol, aunque también puede obtenerse utilizando Dimetiltereftalato en lugar de Ácido Tereftálico.

Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino.

El Polietileno Tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

3.3 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL PET.

Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominados polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono.

Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización.

Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica.

De hecho, plástico se refiere a un estado del material, pero no al material en sí: los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos.

Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad.

Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra.

Las propiedades y características de la mayoría de los plásticos (aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales) son estas:

- 1) Fáciles de trabajar y moldear,
- 2) Tienen un bajo costo de producción,
- 3) Poseen baja densidad,
- 4) Suelen ser impermeables,
- 5) Buenos aislantes eléctricos,
- 6) Aceptables aislantes acústicos,
- 7) Buenos aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas,
- 8) Resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos;
- 9) Algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar, y si se queman, son muy contaminantes.

3.3.1. Proceso productivo.

La primera parte de la producción de plásticos consiste en la elaboración de polímeros en la industria química. Hoy en día la recuperación de plásticos post-consumidor es esencial también.

Parte de los plásticos terminados por la industria se usan directamente en forma de grano o resina. Más frecuentemente, se utilizan varias formas de moldeo (por inyección, compresión, rotación, inflación, etc.) o la extrusión de perfiles o hilos. Parte del mayor proceso de plásticos se realiza en un horno.

Las botellas de PET son 100% reciclables. Por otra parte, el PET es también el medio ambiente, ya que es extremadamente ligero, que ayuda a reducir la formación de residuos de envases al tiempo que reduce la emisión de contaminantes durante el transporte. Y, ser ligero y requieren menos combustible para el transporte, la PET ayuda a ahorrar energía.

Más de productores de PET tiempo está tomando una conciencia ambiental, que ha contribuido a una disminución en la cantidad de materia prima necesaria para la fabricación de botellas y envases en general. Hoy en día, una botella de 1,5 litros de PET se fabrica con sólo 35 g de materia prima.

Para dar lugar a nuevos productos, envases PET utilizados deben ser recogidos. En la actualidad, la mayoría de ciudades europeas y americanas tienen un horario muy organizado para la recolección de material reciclable.

En 1997 se produjo la primera de reciclaje de botellas de PET. Se estima que actualmente hay cerca de 20.000 colecciones de programas de EE.UU. referentes al PET.

El tereftalato de polietileno reciclado se puede utilizar para hacer una gran cantidad de nuevos productos, incluidas las fibras de poliéster para alfombras, telas para camisas, suéteres, zapatos, maletas, tapicería, fibra de relleno para sacos de dormir y chaquetas de invierno, las hojas y el cine, componentes de automoción tales como soportes para el equipaje, cajas de fusibles, parachoques, rejillas y paneles de las puertas.

3.4. EL PET Y LA COMPARACION CON OTROS MATERIALES

3.4.1. Comparativa del material PET con otros materiales.

En la última década, el PET se ha convertido en la materia prima más importante para el mercado de los envases (11 millones de toneladas de envases en el mundo). Es el material más utilizado en la producción de envases para agua, refrescos y bebidas carbonatadas. También tiene un importante mercado para los alimentos.

Tal éxito es el resultado de la excelente combinación de propiedades de este material: su transparencia, de baja densidad, de alta resistencia, la flexibilidad de formatos y buenas propiedades organolépticas, entre otros. Las propiedades restantes están sujetas a mejoras constantes.

Las nuevas tecnologías y su uso en combinación con otros materiales son algunas de las formas de superar los puntos más débiles de la PET. Por ejemplo, la línea de las películas de Evertis destinadas a tasas mucho más bajas permeabilidad a los gases por la combinación de PET, PE y EVOH.

Ver los puntos de referencia del rendimiento de la PET con otras materias en la **TABLA 3.1**

TABLA 3.1. COMPARACION DEL PET CONTRA OTROS MATERIALES

| | PET | PVC | HOPE | PP | PS | HOPE con barreras de Nylon | Vidrio | Aluminio |
|---|-----|-----|------|----|----|----------------------------------|--------|----------|
| Transparencia | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ |
| Resistencia | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ |
| Impermeabilidad | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Barrera para el paso de gases | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Capacidad de llenado en caliente | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Resistencia a microondas | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ |
| Capacidad de reciclaje | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Propiedades organolépticas | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Flexibilidad de formas | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ |
| → Subtítulo ↘ ↑ Excelente ↑ Aceptable ↓ Malo ↓ Pésimo | | | | | | | | |

3.5. CONCLUSIONES.

Al paso del tiempo, el hombre busca mejoras en su vida cotidiana, a las cuales le ha llevado a simplificar lo básico como lo es el envase de bebidas y alimentos, el PET, en su evolución se vio mejorado para el medio ambientalista, debido a su costos se volvió un material muy accesible, pero lo cual hizo que se volviera basura, lo cual lleva a una eliminación masiva de este producto, y por lo cual lleva a utilizar el reciclaje, esto volvió un mercado muy rentable para la gente, en el cual se va mejorando cada vez que los plásticos se vuelven más biodegradables, ya que de momento se busca erradicar aquellos Plásticos de difícil degradación. Esta evolución del plástico es un campo muy grande que se espera mejore más cada día.

CAPITULO 4

AGREGADOS PETREOS GRUESOS Y FINOS

4.1 DEFINICIÓN DE AGREGADO GRUESO.

La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de concreto.

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm. El tamaño mínimo será de 4.8mm.

Algunos depósitos naturales de agregado, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino.

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad.

El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado.

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños.

La mayor parte de la masa de concreto está formada por los agregados (finos y gruesos) que generalmente constituyen el 75% de su peso, por lo cual resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla.

Se han clasificado como agregado grueso a todo aquel material retenido en el tamiz N° 4, y el que pasa dicho tamiz como agregado fino.

Para producir concretos con mejor comportamiento se requiere que los agregados (gruesos y finos) tengan una gradación continua, lo que origina una reducción en la cantidad de agua para cierta trabajabilidad, incrementándose la resistencia, durabilidad del concreto y disminuyéndose los costos.

En México los agregados deben cumplir las especificaciones de la Norma Mexicana. NMX-C-077-1997-ONNCCE, “Agregados para concreto-análisis granulométrico, métodos de prueba” lo referente a las características de tipo físico y químico.

La forma y textura del agregado grueso influyen en la resistencia a la flexión del concreto; por ejemplo, el agregado triturado genera una mayor resistencia que el redondeado o canto rodado, ya que la rugosidad incrementa la adherencia entre la pasta de cemento y el agregado. *(Ver Figura 7)*



Fig. 7 Agregado Petreo Grueso.

Por consiguiente, se puede afirmar que los agregados son el componente que requiere un mayor control para poder asegurar una buena calidad del concreto y generan grandes cambios en la dosificación debido a la gran variedad y procedencia de estos.

El agregado grueso debe estar bien gradado entre los límites fino y grueso y debe llegar a la planta de concreto separado en tamaños normales cuyas granulometrías se indican a continuación en la **TABLA 4.1**

TABLA 4.1. CLASIFICACION SEGÚN TAMIZ

| Tamiz U.S.Standard | Dimensión de la malla (mm) | | Porcentaje en peso que pasa por los tamices individuales | |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------|---|--------|
| - | - | 19 mm | 38 mm | 51 mm |
| 2" | 50 | - | 100 | 100 |
| 1½" | 38 | - | 95-100 | 95-100 |
| 1" | 25 | 100 | - | 35-70 |
| ¾" | 19 | 90-100 | 35-70 | - |
| ½" | 13 | - | - | 10-30 |
| ⅜" | 10 | 20-55 | 10-30 | - |
| Nº 4 | 4.8 | 0-10 | 0-5 | 0-5 |
| Nº 8 | 2.4 | 0-5 | - | - |

4.2 DEFINICIÓN DE AGREGADO FINO

El agregado fino ò arena constituye de hecho la mayor parte del porcentaje en peso del concreto.

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm. (3/8") y queda retenido en el tamiz 74 μ m (Nº200). El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado, y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía. Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm.

El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino. **(Ver Figura 8.)**

Su composición consta de arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. La forma de las partículas deberá ser generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas.

La arena natural estará constituida por fragmentos de roca limpios, duros, compactos, durables. En la producción artificial del agregado fino no deben utilizarse rocas que se quiebren en partículas laminares, planas o alargadas, independientemente del equipo de procesamiento empleado.



Fig. 8 Agregado Petreo Fino.

En general, el agregado fino o arena deberá cumplir con los requisitos establecidos en la norma **ASTM C 33**, es decir, no deberá contener cantidades dañinas de arcilla, limo, álcalis, mica, materiales orgánicos y otras sustancias perjudiciales.

El máximo porcentaje en peso de sustancias dañinas no deberá exceder de los valores siguientes, expresados en porcentaje del peso, las cuales se muestran en la **TABLA 4.2:**

TABLA 4.2.- PORCENTAJE MAXIMO DE SUSTANCIAS DAÑINAS QUE PASAN LAS MALLAS.

| Sustancia | Norma | Límite máximo (%) |
|---|--|-------------------|
| Material que pasa por el tamiz nº 200 | (ASTM C 117) | 3% |
| Materiales ligeros | (ASTM C 123) | 1% |
| Grumos de arcilla | (ASTM C 142) | 1% |
| Total de otras sustancias dañinas (como álcalis, mica, limo) | - | 2% |
| Pérdida por meteorización | (ASTM C 88, método Na ₂ SO ₄) | 10% |

El agregado fino deberá estar bien graduado entre los límites fino y grueso y deberá llegar tener la granulometría siguiente **TABLA 4.3:**

TABLA 4.3.- LIMITES DE PORCENTAJE DE MALLA QUE DEBE PASAR EL AGREGADO FINO.

| Tamiz U.S.Standard | Dimensión de la malla (mm) | Porcentaje en peso que pasa |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Nº 3/8" | 9,52 | 100 |
| Nº 4 | 4,75 | 95 - 100 |
| Nº 8 | 2,36 | 80 - 100 |
| Nº 16 | 1,18 | 50 - 85 |
| Nº 30 | 0,60 | 25 - 60 |
| Nº 50 | 0,30 | 10 - 30 |
| Nº 100 | 0,15 | 2 - 10 |

4.3. CONCLUSIONES.

Los agregados son parte fundamental de un concreto, es por ello que nos regimos por las normas y estándares mexicanas de calidad, para poder elaborar las mezclas que serán sometidas a las pruebas de compresión, ya que buscamos que cada agregado Fino y Grueso que sean utilizados en la cada mezcla sean lo más apegado a cada norma, en la sustitución de cada agregado pétreo por uno artificial fuera lo más parecido en peso, tamaño y forma, y se logro de una manera exitosa, ya que todo agregado que no cumpla con estas normas no podrá ser usado para este concreto.

Por lo tanto una sustitución de agregados por un material de reciclaje nos beneficia en gran medida a evitar las excesivas explotaciones de bancos naturales de piedra y ríos, con lo cual aportamos un beneficio ala sociedad. .

CAPITULO 5

AGREGADOS PLASTICOS GRUESOS Y FINOS.

5.1 DEFINICIÓN DE AGREGADO GRUESO PLÁSTICO.

5.1.1. Agregado Grueso Plástico.

Es aquel agregado o piedra sintética que tiene la forma y características de una grava pétreo convencional, y que estará elaborada a base del reciclado de material desperdiciado tipo PET, logrando un reciclaje del 100% de dicho producto.

Teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el Agregado Grueso Plástico es la materia prima para fabricar dicho concreto.

Este material será procesada para obtener la calidad y aprobación de las normas mexicanas de la construcción, ya que será utilizada en concretos convencionales para obras ligeras. (*Ver Figura 9*)

Esta Agregado Grueso Plástico contara con las características como lo son:

- 1) Ocupar del 70 al 80% del volumen del concreto.
- 2) Lograr la eficiencia del concreto entre la relación -resistencia del concreto y el contenido de cemento-
- 3) Una buena gradación con tamaños intermedios.

- 4) Un tamaño máximo adecuado a las condiciones de la estructura.
- 5) Una superficie rugosa, de buen tamaño y limpia.
- 6) No debe contener terrones de plástico, ni partículas deleznable; generalmente se limitara al contenido de finos entre 1 y 3%, para que permita una adecuada adherencia de las partículas y el cemento en las mezclas.

Por último se buscaran agregados Plásticos con partículas esféricas y cubicas, ya que son los más convenientes para concreto, porque tienen mayor resistencia y es menor el consumo de cemento debido al mayor acomodo de las partículas, o sea mayor cantidad de material por unidad de volumen.



Fig. 9 Agregado Grueso Plástico.

5.2. DEFINICIÓN DE AGREGADO FINO PLASTICO.

5.2.1. Agregado Fino Plástico.

El agregado fino Plástico o Arena Plástica es aquella que se usa como llenante de un concreto, y que tiene la forma y características de un agregado fino convencional, además actuará como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.

Será elaborado a base del reciclado de material desperdiciado tipo PET, logrando un reciclaje del 100% de dicho producto.

El faltante de arena se reflejara en la aspereza de la mezcla y el exceso de arena demandara mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado.

Ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua cemento, esto nos ayudara a evitar un gasto innecesario en el cemento.

Este agregado fino plástico al igual que el agregado grueso plástico debe tener la graduación necesaria para que el llenado de los espacios de un concreto pueda producir una mezcla más compacta.

5.2.1.1. El Agregado Fino Plástico contara con las siguientes características:

El modulo de finura del agregado fino plástico utilizado en la elaboración de mezclas de concreto, deberá estar entre 2,3 y 3,1 para evitar segregación del agregado grueso cuando la arena es muy fina, ya que cuando la arena es muy gruesa se obtienen mezclas ásperas.

No podrá contener agregado fino plástico que pase sobre los tamices 50 y 100, debido que afectara la manejabilidad y la facilidad para lograr buenos acabados así como la textura superficial y la exudación del concreto.

Se evitara la presencia de materia orgánica en la arena que va a utilizarse en la mezcla de concreto, porque llega a interrumpir parcial o totalmente el proceso de fraguado del cemento.

Por último, las especificaciones permiten que el porcentaje que pasa por el tamiz No 50 este entre 10% y 30%.

Se recomienda el límite inferior cuando la colocación es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos.

Sin embargo en los pisos de concreto acabado a mano o cuando se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino que pase cuando menos el 15% el tamiz 50 y 3% el tamiz 100. (*Ver Figuras 10 y 11*)



Fig. 10. Agregado Fino Plástico.



Fig. 11. Agregado Fino Plástico Tamizado.

5.3 FABRICACION DE AGREGADOS PLASTICOS GRUESOS Y FINOS.

5.3.1. Proceso de la elaboracion de Grava y arena plàstica.

La siguiente investigación pretende realizar una propuesta que consiste en la mejora del diseño de mezcla de concreto $F'C=150 \text{ kg/cm}^2$, que es utilizado en la elaboración de banquetas y guarniciones de la ciudad de Xalapa y Coatepec y demás Estado de Veracruz.

Los materiales que se utilizaron fueron cemento Portland y desechos industriales plásticos procedentes de la industria alimenticia: botellas desechables de bebidas, constituidas por PET (polietileno tereftalato).

Así mismo se podrá determinar porcentajes del proporcionamiento adecuado para la elaboración del concreto deseado, esto determinara las cantidades de la materia prima utilizada para la fabricación de una mezcla de concreto sin alterar la calidad y de esta manera reducir costos.

Los agregados finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes.

Dentro de este mismo orden de ideas, este proyecto contempla cuatro capítulos, básicos, en los cuales se describen las ideas principales así como el porque y el cómo se llevará a cabo la investigación y estructurados de la siguiente manera:

Se puede decir que se trata de una tecnología “limpia y limpiadora”, porque los procedimientos de fabricación son no contaminantes del medio ambiente, y porque se utilizan residuos como materia prima.

Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto, estos también deberán ser procesados, transportados, almacenados y dosificados

En este apartado se describira de manera general la transformacion y elaboracion del PET , en agreagados gruesos y finos sinteticos, esto se logro por medio de la recoleccion de materiales a traves de botes separadores de basura inorganica que fueron colocados en un punto central de la ciudad de Coatepec, Veracruz, el cual llego a recolectar por semana mas de 100 botellas de plastico de diferentes medidas y volumenenes

Los cuales se pesaron y separaron para darles una limpieza de cualquier residuo de bebida o basura que llegara a contener; las medidas y peso de las botellas recolectadas se muestran a continuacion. (*Ver Figura 12*)



Fig. 12. Botellas de PET recolectadas.

Cabe aclarar que la recolección de 33 botellas de PET de 600 ml dan como resultado un kilogramo de PET. Las botellas de plástico que estuviesen muy sucias por materiales como pintura, tierra o algún químico no fueron utilizadas para evitar variaciones en su transformación en agregados, y evitar en la mezcla de concreto algún cambio o reacción química innecesaria; solo se usaron las botellas seleccionadas manualmente y que cumplieran las necesidades propuestas.

Seguido de la selección de las botellas, se continio a pesarlos para luego separarlos para darles una limpieza de cualquier residuo de bebida o basura que llegara a contener; las medidas y peso de las botellas recolectadas se muestran a continuacion en la siguiente **TABLA 5.1**.

TABLA 5.1. CLASIFICACION DE BOTELLAS SEGÚN SU CAPACIDAD EN MILILITROS

| TIPO DE BOTELLA | CAPACIDAD ML | PESO EN GRAMOS |
|------------------------------------|--------------|----------------|
| 1 | 600 | 0.020 |
| 2 | 1000 | 0.030 |
| 3 | 1500 | 0.035 |
| 4 | 2000 | 0.050 |
| 5 | 2500 | 0.055 |
| NOTA: PESO TAPARROSCA = 0.005 GRS. | | |

La investigación que se realiza, afirmará el beneficio que de una posibilidad de usarse dicho desecho en las mezclas de concreto, esto será diseñado en pedazos de plástico con un tamaño estándar para obtener grava de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ ", obtenido de las botellas que se tiran en nuestra ciudad y logrando un recuperación de este material desperdiciado logrando su reciclaje en un 100%, y así empezar con la creación de una cultura para la sociedad.

Las botellas fueron limpiadas de cualquier suciedad que pudiesen contener, asi como se les retiro todo liquido interno, y la tira en la cual cuenta con su

respectiva marca, seguido de esto se continuo a seleccionarla por tamaños en lonas para poder pesar casa lona y ver la cantidad de material que se logro sacar por tipo de medida. *(Ver Figura 13)*

| | | | |
|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 2000 ML | 1500 ML | 1000 ML | 600 ML |
| (4) | (3) | (2) | (1) |



Fig. 13. Tipos de botellas usadas para la elaboración de los Agregados Plásticos.

Cada botella que se reciclo fue una aportación ambiental positiva, la cual busca crear una cadena vinculada directamente a la construcción, con la cual evitaríamos rezagos a la falta de agregados en una construcción.

Continuado de este seleccionado se continuó con los siguientes puntos:

- 1) Seleccionar las botellas de plástico que se recolecto del centro de acopio **(Ver Figura 14)**
- 2) Limpieza general del material recolectado, el cual se busco eliminar residuos de basura, tierra o líquidos que tuvieran dentro de cada botella.
- 3) Triturado de botellas mediante molino morteador o de molino mecánico de muelas. **(Ver Figura 15)**



Fig. 14. Seleccionado de Botellas según su capacidad en mililitros.

Al obtener un triturado más homogéneo se pudo fundir el PET con mayor facilidad, este calor se logró a base de Hidrógeno; este se obtiene por la descomposición química del agua en oxígeno e hidrógeno partir de la acción de una corriente eléctrica (electrólisis) generada por fuentes de energía renovable (solar fotovoltaica, eólica, etc.).



Fig. 15. Molino morteados de muelas.

Este proceso divide el agua, produciendo oxígeno puro e hidrógeno. Seguido de este paso, fue moldeado el plástico hasta obtener una placa con un espesor de 19 mm, para después quebrar manualmente la placa de PET hasta lograr figuras irregulares, similares a la grava volcánica natural.

Para estudiar la distribución del tamaño de las partículas, se realizaron análisis de criba de agregados con agregado pétreo natural y con agregado plástico grueso plástico, de acuerdo con la norma ASTM C 136. (**Ver Figura 16**)



Fig. 16. Agregado Grueso Plástico Cribado.

5.4. CONCLUSIONES.

Todo cribado fue elaborado en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil, con la herramienta apropiada para cada prueba, y regido por las normas mexicanas, con lo cual se logro obtener un agregado Grueso Plástico, con una semejanza en su totalidad a la de un agregado Pétreo natural.

Así también los agregados Plásticos son fáciles de identificar por su color azul turquesa el cual denota que no se calcino en su elaboración de fundición, esto nos hace ver que los agregados no están contaminados ni mal elaborados. Así también la arena plástica fue elaborada cuidando no alterar sus elementos de fabricación y también obtuvo el mismo color azul turquesa..

CAPITULO 6

PRUEBAS DE LABORATORIO.

6.1 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS CON LAS QUE DEBE CONTAR UN CONCRETO ELABORADO EN LABORATORIO.

6.1.1. Trabajabilidad

La facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente. El sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales como arena y piedra dentro de la masa.

El asentamiento es consecuencia del efecto combinado de la vibración y de la gravedad.

6.1.2. Resistencia.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo (f'_c), el cual significa resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de puente, de edificios y otras estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 kg/cm^2 .

La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión.

El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

La resistencia a la torsión para el concreto está relacionada con el modulo de ruptura y con las dimensiones del elemento de concreto.

La resistencia al cortante del concreto puede variar desde el 35% al 80% de la resistencia a compresión. La correlación existe entre la resistencia a la compresión y resistencia a flexión, tensión, torsión, y cortante, de acuerdo a los componentes del concreto y al medio ambiente en que se encuentre.

El modulo de elasticidad, denotando por medio del símbolo E , se puede definir como la relación del esfuerzo normal la deformación correspondiente para esfuerzos de tensión o de compresión por debajo del límite de proporcionalidad de un material. Para concretos de peso normal, E fluctúa entre 140,600 y 422,000 kg/cm^2 cuadrado.

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación Agua-Cemento y la edad, o el grado a que haya progresado la hidratación. Estos factores también afectan a la resistencia a flexión y a tensión, así como a la adherencia del concreto con el acero.

6.1.3. Consistencia:

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

6.1.4. Segregación:

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, etc. La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuando más seca lo es.

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o Agregado fino) de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas.

La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la lechada asciende a la superficie.

6.1.4. Exudación:

(Estado Plástico): Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua cemento en esta zona.

6.1.5. Durabilidad:

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación.

6.1.6. Curado:

Es un proceso mediante el cual se logra la conservación de la temperatura y humedad del concreto fresco colocado, durante algún periodo, para asegurar una hidratación adecuada y endurecimiento apropiado del concreto.

6.1.7. Fraguado:

Es el proceso de hidratación de los distintos componentes de un aglomerante hidráulico por el cual esta adquiere una mayor consistencia puesta en evidencia por ensayos específicos.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril optimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes

y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento.

Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de hornos deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones.

6.2. ELABORACIÓN DE CONCRETO A BASE DE AGREGADO GRUESO Y FINO PLASTICO.

De este modo se desarrollo la propuesta para el cambio de grava convencional por grava plásticas serviría como base para realizarse a grande escala en la cultura del reciclaje, tratando de llegar a las comunidades necesitadas en las cuales el costo por dicho agregado no se llega a obtener o es muy elevado su costo por flete o acarreo de este material.

Al realizar esta propuesta y llegado a lograr un resultado satisfactorio estamos asegurando que el diseño propuesto para el concreto y mortero; siempre y cuando cumpla con todas las especificaciones y normativas respectivas para la elaboración de concreto y mortero.

Esto nos garantizará un concreto y mortero que sea aplicado a obra, con el fin de lograr concretos ejecutables y de calidad para firmes, banquetas o guarniciones, los cuales estarán dentro de la resistencia $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$.

Se utilizo bajo ciertas proporciones propuestas, el cambio de un porcentaje de Agregado grueso y fino convencional por Agregado Grueso y Fino Plástico, usando la materia prima que es el PET.

Seguido de las pruebas obtenidas se continuo a realizar cilindros de concreto y muestras de mortero, para ensayarlos en laboratorio, mediante pruebas a la compresión en la prensa hidráulica.

Se buscó y analizó los siguientes puntos:

- 1) Diseñar una mezcla-propuesta, para obtener una Resistencia la cual registrá todos los ensayos.
- 2) Analizar resultados de ensayos realizados al diseño de mezcla propuesto.
- 3) Elaborar la propuesta de mejora del diseño de mezcla.

6.2.1. Materiales.

El concreto que se desea realizar estará elaborado a base de:

- 1) Cemento portland ordinario CPC 30 Tipo I,
- 2) Agregados Gruesos y finos
- 3) Agregados plásticos Gruesos y finos.
- 4) Agua purificada-ordinaria a temperatura ambiente 21° C.

En la investigación se usaron agregados gruesos triturados locales de un tamaño máximo de 3/4 de pulgada (19 mm), y agregados finos que tenían un módulo de finura de 2.98.

Se hicieron un total de 3 mezclas de concreto con una resistencia $F'c=300$ kg/cm², para investigar las propiedades técnicas del concreto que incluye al agregado grueso y fino plástico, como se muestra en la **TABLA 5**.

TABLA 5. PORCENTAJES APLICADOS EN LAS 3 PRUEBAS.

| MUESTRAS | 1 | 2 | 3 |
|----------------------|-----|-----|-----|
| %AGREGADO NATURAL | 90 | 80 | 70 |
| % AGREGADO PLASTICO | 10 | 20 | 30 |
| % TOTAL DE AGREGADOS | 100 | 100 | 100 |

Los agregados plásticos para concreto y para mortero se dividieron en tres pruebas con porcentajes diferentes.

El tamaño máximo del agregado grueso influye directamente en la resistencias finales, es decir, mientras el tamaño máximo de la piedra sea menor la mezcla contará con resistencias más elevadas, pero al mismo tiempo requerirá también, una dosis de cemento más elevada lo cual aumentaría los costos, es por ello que el tamaño máximo escogido para la elaboración de este concreto fue el de $\frac{3}{4}$ "a 1" pulgada. **(Ver Figura 17)**



Fig. 17. Grava Plástica con medida de 3/4" a 1 "

El proceso que se siguió para la elaboración del concreto fue mediante una resistencia requerida en concretos convencionales hechos en obra.

Debido a que el concreto ya sea industrializado o hecho en obra la responsabilidad de su calidad es del productor mismo, es por eso que está diseñado como ya se ha mencionado para firmes, banquetas y guarniciones.

Todas las recomendaciones de elaboración y eso fueron tomadas de la Norma Mexicana ONNCCE 1999. "Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico para Uso Estructural", con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto.

Se realizó la siguiente dosificación de Agregados Gruesos y Finos Plásticos junto con Cemento, para la elaboración del concreto diseñado, por cada proporción se hicieron 12 cilindros para ensayarlos con edades variadas, y cada muestra se usó con diferentes proporciones de agregados gruesos naturales y agregados plásticos

| CONCRETO F'C=300 KG/CM2 | | | | | |
|-------------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|----------------|---------------|
| PROPORCION | CEMENTO (KGS) | GRAVA NATURAL (KGS) | GRAVA PLASTICA (KGS) | ARENA (KGS) | AGUA (LTS) |
| 90%-10% | 8.125 | 17.550 | 1.950 | 6.000 | 4.000 LTS |
| 80%-20% | 8.125 | 15.600 | 3.900 | 6.000 | 4.000 LTS |
| 70%-30% | 8.125 | 13.650 | 5.850 | 6.000 | 4.000 LTS |

Se hicieron un total de 12 cilindros de concreto para todas las mezclas. De cada mezcla, se vaciaron 3 cilindros de 4 x 8 pulgadas. (150 x 300 mm) .Todos los cilindros se varillaron a mano en tres capas usando un procedimiento estándar (ASTM C 192, NMX-C-083 ONNCCE y NMX-C-160, Capítulo 3).

Los especímenes se dejaron curar durante 24 horas y después se quitaron de los moldes y se colocaron en tanque de agua para que estos se curaran durante 14 días en una temperatura ambiente promedio de 21 °C.

Elaboración de mezcla para concreto, con Agregados Gruesos y finos para diseño de mezcla $f'_c=300$ kg/cm²

Una vez mezclado la proporción agua cemento y agregados se prosigue a mezclar todos los elementos hasta obtener una masa uniforme. (*Ver Figuras 18 y 19*)



Fig. 18. Mezcla de grava y arena plástica con agregados convencionales pétreos.



Fig. 19. Elaboración de concreto para probetas.

6.3 PRUEBA DE REVENIMIENTO.

Por cada mezcla de concreto, se llevo a cabo la realización de pruebas para determinar el revenimiento de cada cono de muestreo.

El concreto que contenía 30 % de agregados plásticos tiene un revenimiento de cono ligeramente superior que el concreto sin agregados plásticos.

Se pudo constatar que los agregados plásticos no tienden a la absorción, ni segregan agua a la mezcla del concreto.

Debido a estas características específicas no absorbentes, las mezclas de concreto que contienen agregados plásticos tendrán más agua libre. Y por consiguiente, el revenimiento se incrementará.

6.3.1 Método de curado para las pruebas de concreto.

Esta técnica de curado estará regida por la norma mexicana NMX-C-403-ONNCCE-1999. "Concreto Hidráulico para uso estructural" en su Apéndice Informativo, establece que el curado de los especímenes debe iniciarse tan pronto como sea posible, como regla practica establece que, cuando el concreto recién colado pierde su brillo superficial, debido al agua propia de la mezcla, debe iniciarse el curado .

Esta norma establece los procedimientos para elaborar y curar los especímenes cilíndricos de concreto, que tienen como objetivo determinar la resistencia a la flexión, para comprobar las proporciones de la mezcla, buscando la resistencia y determinar cuándo puede ponerse en servicio una estructura.

El tiempo en que se presente este efecto, depende fundamentalmente de 4 condiciones que determinan la rapidez de evaporación del agua de la mezcla: la temperatura y humedad ambiente, velocidad del viento y temperatura del concreto recién mezclado.

Los especímenes permanecerán dentro de la tina de curado hasta que llegue el momento de ser transportados al lugar que se van a ensayar para su caracterización en estado endurecido. (*Ver Figura 20*)



Fig. 20. Curado de Probetas de Concreto.

Siempre que la temperatura ambiente sea superior a 10°C, se puede considerar que el curado ha sido satisfactorio si se ha conservado a los concretos permanentemente húmedos por lo menos 7 días.

Los moldes y accesorios para elaborar los especímenes de concreto deben ser de acero, fierro fundido o cualquier otro material no absorbente y no reactivo al concreto de cemento Pórtland u otros cementantes hidráulicos; deben ser impermeables, y contar con dispositivos que sujeten firmemente las placas de la base. Asimismo, antes de usarse, deben revestirse al interior con aceite mineral o con un material adecuado no reactivo con los ingredientes del concreto.

Los moldes cilíndricos tienen un plano definido por el borde del cilindro perpendicular a su eje. Sus dimensiones no deben variar de los valores especificados en más del 1 por ciento en su diámetro, ni en más del 1 por ciento del valor nominal en su altura, y estar provistos de una base metálica maquinada, con planos lisos y cumplir con los especificados en la NMX-C-281.

El vaciado de la muestra se hace con un cucharón en los moldes; es necesario remezclar el concreto en la charola con una pala o cuchara para prevenir la segregación; posteriormente hay que distribuir el concreto usando la varilla de compactación. La compactación se deberá hacer por medio del varillado y el vibrado interno o externo; la selección del método de compactación debe basarse en el revenimiento, o por las especificaciones establecidas en el contrato.

6.3.1.1. Ensaye de Probetas de concreto para determinar la resistencia a la compresión.

Este método de prueba se refiere al ensaye de probetas a la compresión. Este método es aplicable a las muestras que hayan sido elaboradas y obtenidas como se menciona anteriormente.

Para evitar la evaporación del agua en los especímenes, se deben cubrir después de terminados, con una tela húmeda o impermeable.

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de concreto.

El equipo y el material para hacer dichas pruebas es el siguiente:

- 1) Prensa de ensaye.-Deberá estar calibrada y en optimas condiciones.
- 2) Flexómetro.
- 3) Balanza de capacidad igual o superior a 25 Kg.
- 4) Probeta.-probeta de concreto elaborada con el concreto diseñado.

El procedimiento para la prueba de ensaye se enumera a continuación.

- a) Retirar las probetas del curado inmediatamente antes del ensayo y mantenerlas mojadas hasta el ensayo. Si las probetas son transportadas por medio de algún vehículo al lugar del ensaye, se recomienda que se asienten sobre arena para evitar fisuras o perdidas y cambio de volúmenes.
- b) Medir con el flexómetro dos diámetros perpendiculares entre sí (d_1 , d_2), a nivel medio; y a la altura del cilindro de concreto en dos generatrices opuestas (h_1 y h_2), aproximando a 1 mm.
- c) Se determina el peso del cilindro con la balanza, aproximando a 50 grs., para obtener el peso Volumétrico del concreto y limpiar la superficie del cilindro.
- d) Cabecear los especímenes de concreto (esto se logra agregándole azufre liquido y arena de médano en la superficies que estará en contacto con la placa de carga; dejarlos reposar durante 3 hrs), el mortero de azufre y arena de médano deberá cumplir con la resistencia y espesor de acuerdo a la siguiente tabla :

| Resistencia del concreto, en mpa. (kg/cm ²) | Resistencia mínima del mortero de azufre, en (kg/cm ²) | Espesor máximo de cada capa de cabeceo en cualquier punto, en mm. |
|--|---|---|
| 5 A 50 (35 A 500) | 35 M Pa (350) o la del concreto, cualquiera que sea mayor | 8 |
| MAS DE 50 (MAS DE 500) | No menor que al resistencia del concreto. | 5 |

- 1) Limpiar las superficies de contacto de las placas de carga y de la probeta, colocar la probeta en la máquina de ensayo alineada y centrada.
- 2) Acercar la placa superior de la máquina de ensayo y asentarla sobre la probeta de modo que obtenemos un apoyo lo más uniforme posible.
- 3) Aplicar una carga en forma continua y sin choques de velocidad uniformes, cumpliendo las siguientes condiciones: alcanzar la rotura en un intervalo de tiempo igual o superior a 100 seg. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 k Pa/s a 343 k Pa/s (84 kg/cm² / min a 210 kg/cm² / min)- **(Ver Figura 21)**
- 4) Registra la carga máxima (P), expresada en Kg., cuando se presente el punto de falla del cilindro, dividir esta carga entre el área y nos dará como resultado la resistencia del espécimen en kg/cm².



Fig. 21. Prensa hidraulica para pruebas de resistencia.

El método que se realizara para el curado del concreto, es de la siguiente, se almacenaran los especímenes de concreto durante 24 horas, dentro de un depósito que contenga agua común, evitando en todo lo posible, movimientos bruscos, vibraciones, inclinaciones o golpes en los cilindros.

6.4. RESISTENCIAS OBTENIDAS.

6.4.1. Elementos del informe de los especímenes de concreto.

El informe de resultados debe contener los siguientes puntos:

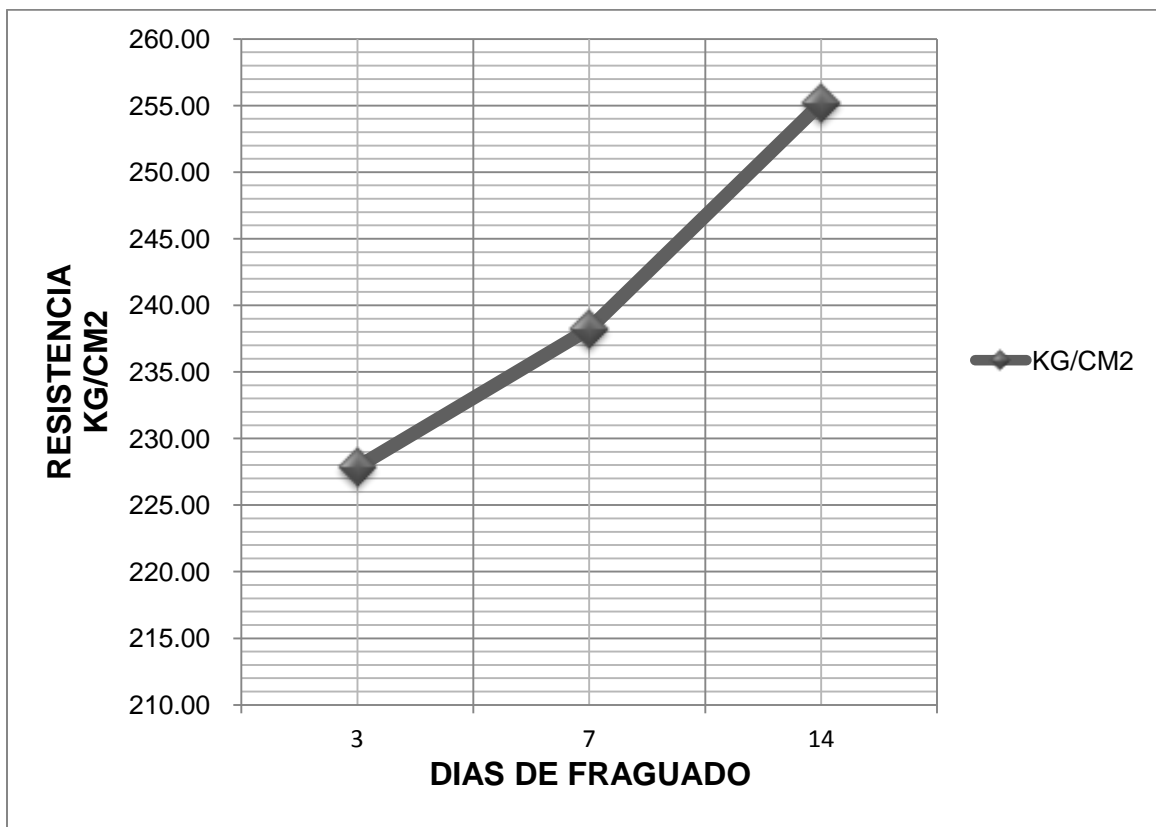
- 1) Identificación de los especímenes.
- 2) Localización del concreto, representado por las muestras.
- 3) Fecha y hora de la elaboración de las muestras individuales.
- 4) Revenimiento.
- 5) Resultado de cualquier otra prueba hecha al concreto.
- 6) Método de curado.

Uno de los resultados que se dieron fue el de un concreto con un peso menor, la mezcla de concreto se hizo con cemento portland CPC 30, Tipo I y el cual contenía agregados comunes, teniendo un tamaño máximo de 3/4 pulg. (19 mm)

La Resistencia propuesta para los cilindros fue de $f'_c=300$ kgs/cm² la cual determinó probando cilindros de 4 x 8 pulg. (100 x 200 mm) y en la cual dio como resultado para cada cilindro a 3, 7 y 14 días, las cuales se muestran en las

TABLAS 6.1, 6.2 Y 6.3:

TABLA 6.1: RESISTENCIA OBTENIDA PARA CONCRETO CON PROPORCION 90% AGREGADO NATURAL Y 10% AGREGADO PLÁSTICO.

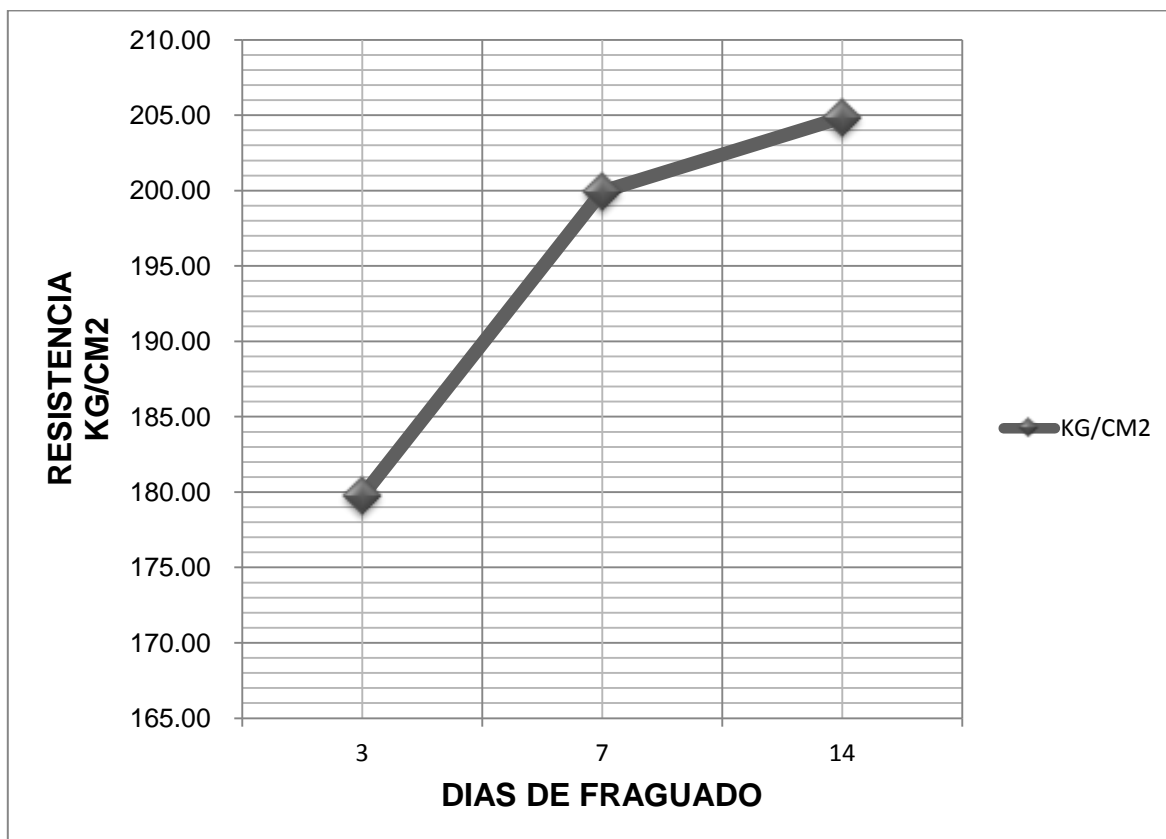


PROPUESTA

CONCRETO 90%-10%

Como se observa en la tabla 6.1, la cual se identifica con la Probeta de concreto No.1, propuesta a una resistencia $F'c=300\text{kg/cm}^2$, y con relación en sus agregados totales de la mezcla; 90% Agregados Gruesos y finos Pétreos Naturales; y un 10% de Agregados Gruesos y Finos Plásticos, se puede observar que la resistencia aumenta proporcionalmente, y que al 14° día, tenemos más del 86% de la resistencia buscada, dando como resultado positivo en la prueba a la compresión.

TABLA 6.2.: RESISTENCIA OBTENIDA PARA CONCRETO CON PROPORCION 80% AGREGADO NATURAL Y 20% AGREGADO PLASTICO.

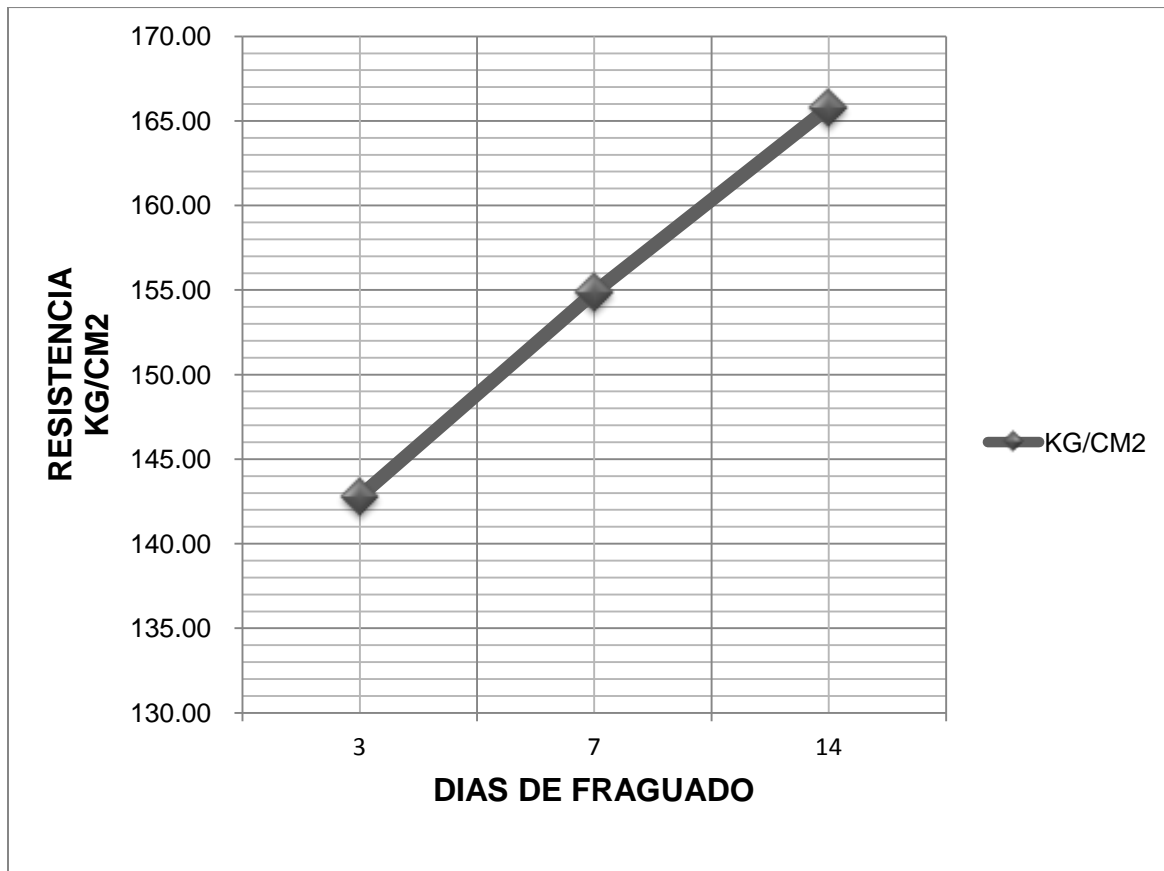


PROPUESTA

CONCRETO 80%-20%

Como se observa en la tabla 6.3, la cual se identifica con la Probeta de concreto No.2, propuesta a una resistencia $F'c=300\text{kg/cm}^2$, y con relación en sus agregados totales de la mezcla; 80% Agregados Gruesos y finos Pétreos Naturales; y un 20% de Agregados Gruesos y Finos Plásticos, se puede observar que la resistencia aumenta proporcionalmente, y que al 14° día, tenemos más del 70% de la resistencia buscada dando como resultado positivo en la prueba a la compresión.

TABLA 6.3: RESISTENCIA OBTENIDA PARA CONCRETO CON PROPORCION 70% AGREGADO NATURAL Y 10% AGREGADO PLASTICO.



PROPUESTA

CONCRETO 70%-30%

Como se observa en la tabla 6.3, la cual se identifica con la Probeta de concreto No.2, propuesta a una resistencia $F'_c=300\text{kg/cm}^2$, y con relación en sus agregados totales de la mezcla; 70% Agregados Gruesos y finos Pétreos Naturales; y un 30% de Agregados Gruesos y Finos Plásticos, se puede observar que la resistencia aumenta proporcionalmente, y que al 14° día, tenemos más del 60% de la resistencia buscada dando como resultado positivo en la prueba a la compresión.

Todos los cilindros que se ensayaron fueron tronados mediante las normas de calidad mexicanas, así como la calidad para manejar las pruebas, fue constante para todas las muestras ensayadas.

A continuación se muestra los tiempos que se monitorearon y las cargas aplicadas para cada proporción diseñada que se obtuvieron a 3, 7 y 14 días, las cuales se muestran en las **TABLAS 6.4, 6.5, 6.6.**

TABLA 6.4. PRUEBA APLICADA A CILINDRO DE CONCRETO CON PROPORCION 90% AGREGADO NATURAL Y 10% AGREGADO PLASTICO PARA CONOCER, TIEMPO Y CARGA APLICADA.

| | 3 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
|-----------|---------|--------------|------------|--------|-----------------|
| MUESTRA 1 | | 92 | 40,500 | 229.18 | 227.86 |
| MUESTRA 2 | | 90 | 40,200 | 227.48 | |
| MUESTRA 3 | | 95 | 40,100 | 226.91 | |
| | 7 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
| MUESTRA 4 | | 100 | 42,000 | 237.66 | 238.23 |
| MUESTRA 5 | | 93 | 42,100 | 238.23 | |
| MUESTRA 6 | | 95 | 42,200 | 238.80 | |
| | 14 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
| MUESTRA 7 | | 102 | 45,100 | 255.21 | 255.21 |
| MUESTRA 8 | | 100 | 45,000 | 254.64 | |
| MUESTRA 9 | | 98 | 45,200 | 255.77 | |

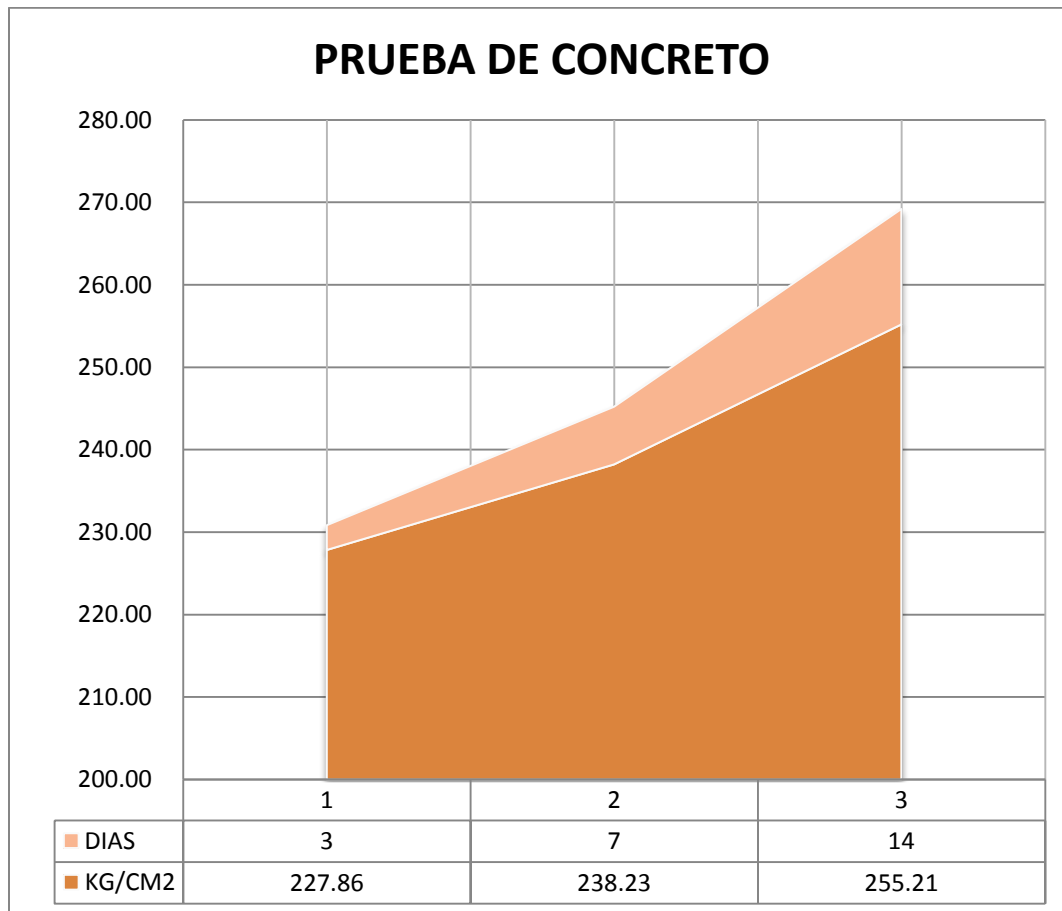
TABLA 6.5. PRUEBA APLICADA A CILINDRO DE CONCRETO CON PROPORCION 80% AGREGADO NATURAL Y 20% AGREGADO PLASTICO, PARA CONOCER TIEMPO Y CARGA APLICADA.

| | 3 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
|-----------|---------|--------------|------------|--------|-----------------|
| MUESTRA 1 | | 92 | 31,500 | 178.25 | 179.76 |
| MUESTRA 2 | | 118 | 31,800 | 179.95 | |
| MUESTRA 3 | | 111 | 32,000 | 181.08 | |
| | 7 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
| MUESTRA 4 | | 100 | 35,000 | 198.05 | 199.94 |
| MUESTRA 5 | | 102 | 35,800 | 202.58 | |
| MUESTRA 6 | | 106 | 35,200 | 199.19 | |
| | 14 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
| MUESTRA 7 | | 102 | 36,100 | 204.28 | 204.84 |
| MUESTRA 8 | | 99 | 36,000 | 203.71 | |
| MUESTRA 9 | | 98 | 36,500 | 206.54 | |

TABLA 6.6. PRUEBA APLICADA A CILINDRO DE CONCRETO CON PROPORCION 70% AGREGADO NATURAL Y 30% AGREGADO PLASTICO, PARA CONOCER TIEMPO Y CARGA APLICADA.

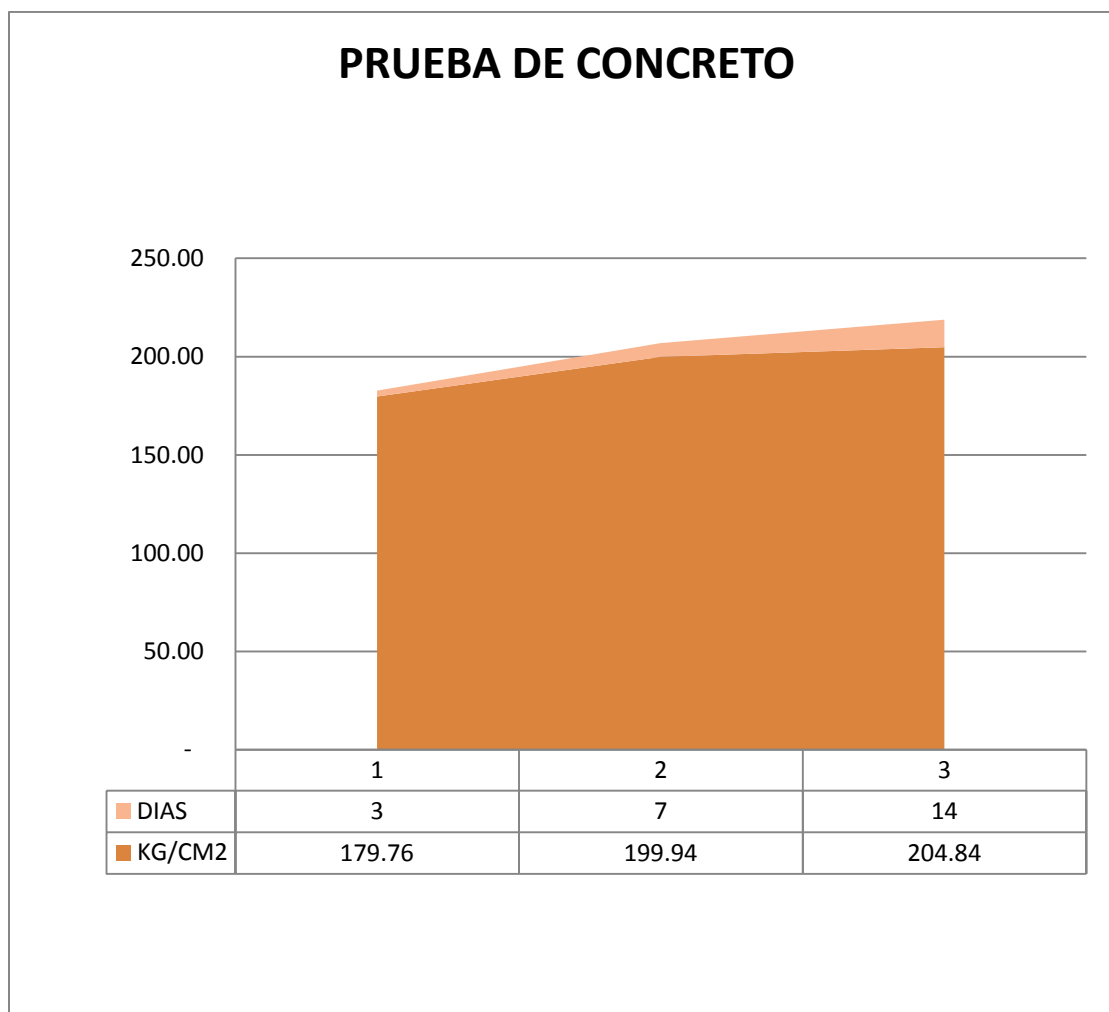
| | 3 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
|-----------|---------|--------------|------------|--------|-----------------|
| MUESTRA 1 | | 110 | 25,600 | 144.86 | 142.79 |
| MUESTRA 2 | | 120 | 25,000 | 141.47 | |
| MUESTRA 3 | | 95 | 25,100 | 142.03 | |
| | 7 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
| MUESTRA 4 | | 89 | 27,200 | 153.92 | 154.86 |
| MUESTRA 5 | | 88 | 27,800 | 157.31 | |
| MUESTRA 6 | | 100 | 27,100 | 153.35 | |
| | 14 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | KG/CM2 | PROMEDIO KG/CM2 |
| MUESTRA 7 | | 109 | 29,000 | 164.10 | 165.80 |
| MUESTRA 8 | | 103 | 29,700 | 168.06 | |
| MUESTRA 9 | | 99 | 29,200 | 165.23 | |

Por último se muestran las gráficas, en donde se demuestra el proceso satisfactorio y evolutivo de las pruebas realizadas, al obtener un concreto que crece positivamente en cada prueba ensayada, como lo muestras las **TABLAS 6.7, 6.8, 6.9.**



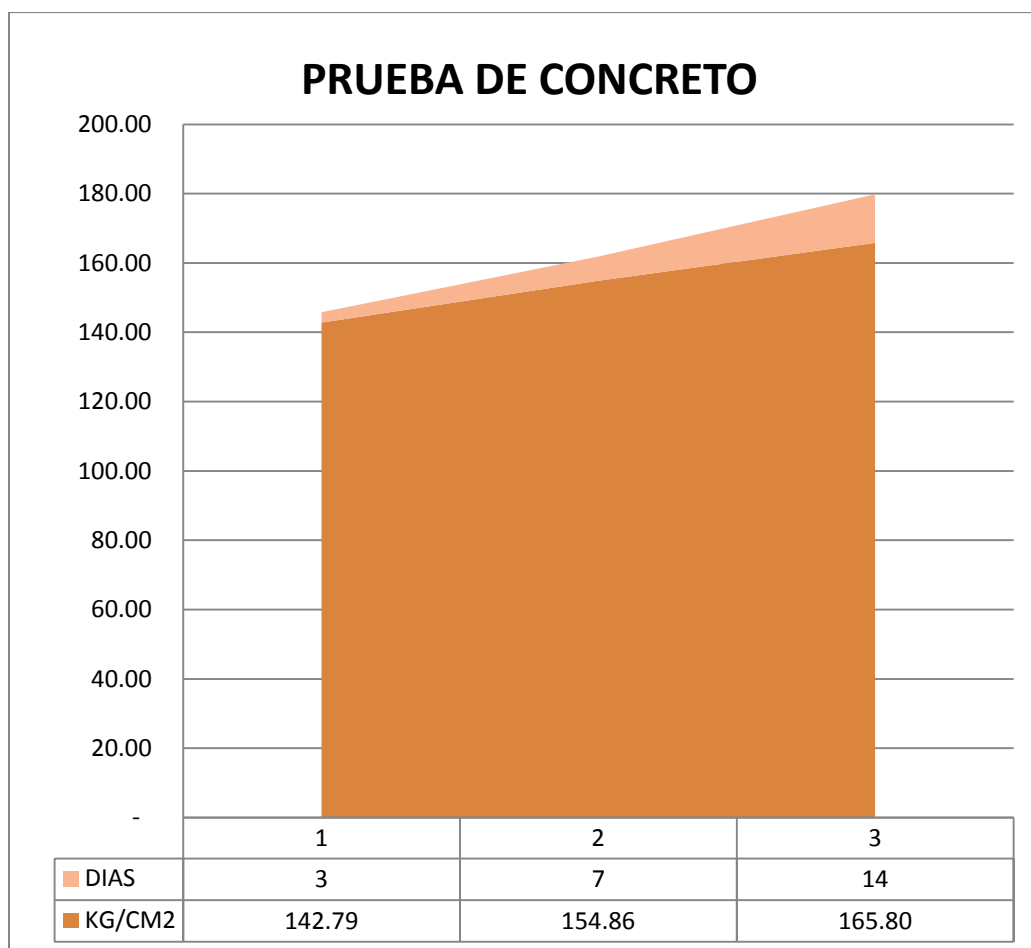
RELACION DIAS/RESISTENCIA EN
CONCRETO 90%-10%

En la tabla 6.7, se muestra el proceso de evolución de las tres muestras que se prepararon para 3, 7 y los 14 días de fraguado en un concreto con mezcla diseñada para $F'c=300\text{kg/cm}^2$, y a la cual se le agrego 90% de Agregados Pétreos Naturales y un 10% de Agregados Naturales, más un cemento tipo Portland CPC, elaborado a mano, y en la cual demuestra el crecimiento de resistencia buscada.



RELACION DIAS/RESISTENCIA EN
CONCRETO 80%-20%

En la tabla 6.8, se muestra el proceso de evolución de las tres muestras que se prepararon para 3, 7 y los 14 días de fraguado en un concreto con mezcla diseñada para $F'c=300\text{kg/cm}^2$, y a la cual se le agrego 80% de Agregados Pétreos Naturales y un 20% de Agregados Naturales, más un cemento tipo Portland CPC, elaborado a mano, y en la cual demuestra el crecimiento de resistencia buscada.



RELACION DIAS/RESISTENCIA EN
CONCRETO 90%-10%

En la tabla 6.9, se muestra el proceso de evolución de las tres muestras que se prepararon para 3, 7 y los 14 días de fraguado en un concreto con mezcla diseñada para $F'c=300\text{kg/cm}^2$, y a la cual se le agrego 80% de Agregados Pétreos Naturales y un 20% de Agregados Naturales, más un cemento tipo Portland CPC, elaborado a mano, y en la cual demuestra el crecimiento de resistencia buscada.

Estos ensayos practicados arrojaron resultados satisfactorios que permitieron calificar a los materiales como buenos y aptos para realizar las mezclas de prueba de concreto.

Ya descritos todos los procedimientos de los ensayos realizados a los componentes del concreto para asegurar su calidad final, así como también la metodología seguir a la hora de realizar el diseño de mezcla.

Esta parte del capítulo describe todos los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas con el fin de comparar diferentes diseños de mezcla 300 kg/cm². (Ver Figura 22, 23 y 24)



Fig. 22. Cilindro No.1, Proporción 90%-10%, Resistencia $F'_c=300\text{kg/cm}^2$.

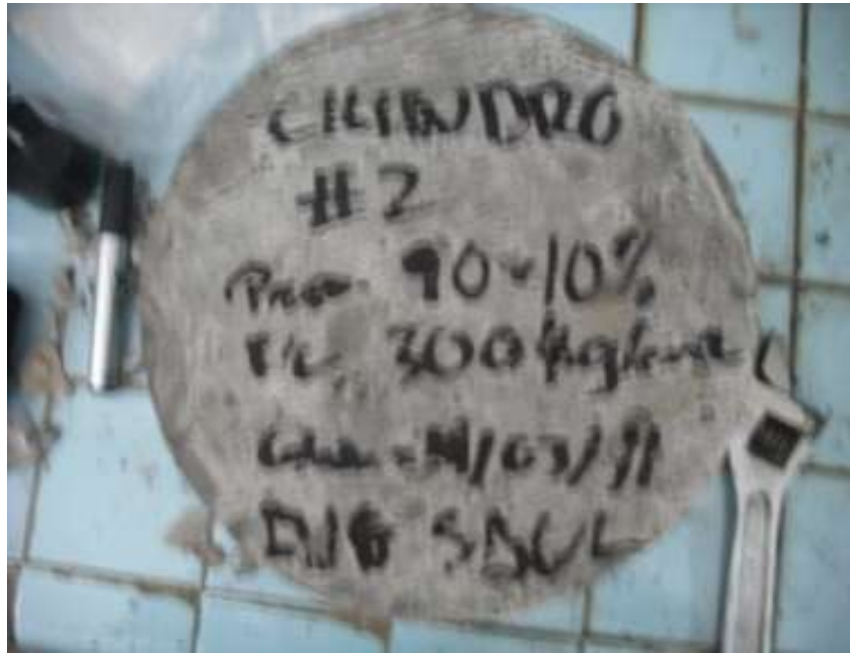


Fig. 23. Cilindro No.2, Proporción 80%-20%, Resistencia $F'_c=300\text{kg/cm}^2$



Fig. 24. Cilindro No. 3, Proporción 70%-30%, Resistencia $F'_c=300\text{kg/cm}^2$

6.5. CONCLUSIONES.

Dado los resultados obtenidos en cada probeta de concreto ensayada, podemos concluir que se obtuvieron resultados exitosos, esto se observo en las tres mezclas de concreto 90%-10, 80%-20%, y 70%-30%, de agregados Pétreos Naturales con Agregados Plásticos, la resistencia varia en días, entiéndase que mientras más agregado Plástico se le agregara a la mezcla, tardará de dos a tres días más en llegar a la resistencia máxima buscada., aunado a que toda prueba fue regida por las Normas Mexicanas de la Construcción y los manuales para Pruebas de Laboratorio.

CAPITULO 7

ELABORACIÓN DE MUESTREO.

.1. ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO.

Tomando en cuenta que la presente investigación es una propuesta sustentada en un diseño experimental de laboratorio, en este capítulo se procedió a verificar el comportamiento de las hipótesis formuladas, los resultados se presentan en función de cada una de ellas y en correspondencia a los objetivos específicos.

Antes de comenzar con la elaboración de las mezclas de prueba fue preciso que los materiales utilizados fueran sometidos a un previo análisis con el fin de conocer la calidad y propiedades de los mismos, para restringir al mínimo las variables que pudieran afectar los resultados, por lo que se le realizaron a cada uno de ellos sus respectivos ensayos los cuales se describen a continuación.

Los materiales a utilizar para la ejecución de éste son los siguientes:

- 1) Moldes metálicos cilíndricos para toma de muestras de concreto.
- 2) Barra compactadora de 5/8", lisa y con punta redonda.
- 3) Carretilla
- 4) Martillo de goma.
- 5) Cuchara de albañil
- 6) Cuchara arrocera o cucharón.

El procedimiento para la elaboración de cilindros de concreto se describe a continuación:

Antes de la elaboración:

Se cuarteo el agregado grueso según norma mexicana, para sacar las muestras más limpias y homogéneas, para lograr un cuarteo más proporcional. *(Ver Figuras 25 y 26)*



Fig. 25. Muestreo de Agregados



Fig. 26. Cuarteo de Agregados.

El sitio de elaboración de las muestras estaba protegido de condiciones severas de sol, lluvia o viento, en un sitio cubierto.

Los moldes metálicos contaban con las dimensiones correctas (30 cm de altura y 15 cm de diámetro), y estaban libres de residuos de concreto en las paredes internas. ***(Ver Figura 27)***



Fig. 27. Moldes metálicos para muestras de Concreto.

La barra compactadora tiene aproximadamente 60 cm de longitud y 16 mm de diámetro, es de acero liso y de extremo redondeado, así como el martillo de hule y cuchara metálica fueron factores fundamentales para el vaciado de concreto. (Ver Figura 28)



Fig. 28. Herramienta para la elaboración de las muestras de concreto.

7.1.1. Pasos para la Elaboración de una muestra para ensaye:

- -La superficie sobre la cual se realizó el ensayo era plana y libre de vibraciones.
 - 1) Las tomas de cilindros se hicieron cada vez que era elaborada una mezcla de prueba.
 - 2) Antes de hacer el descargue se verificó el asentamiento del concreto.
 - 3) Antes de su elaboración la mezcla fue premezclada manualmente para asegurar uniformidad.
 - 4) Se tomaron muestras para cada edad de ensayo.
 - 5) Estos se elaboraron en tres capas de igual volumen, más o menos 10 cm por capa. (3 capas).
 - 6) Se compactó cada capa con 25 golpes con la barra compactadora, procurando no penetrar en más de tres centímetros la capa inmediatamente anterior.
 - 7) Luego de retirada la barra compactadora se le dieron golpes suaves a las paredes del molde con el martillo de goma para sacar el aire del interior de la mezcla en el cilindro.
 - 8) El enrase de los cilindros se hizo con un palustre para garantizar una superficie lisa y uniforme.
 - 9) Después de enrasados se cubrieron con un plástico impermeable. El molde se cubre con la finalidad de evitar la evaporación del agua.
 - 10)** Los cilindros fueron debidamente marcados e identificados sin alterar la superficie. Se debe evitar marcación con puntillas o herramientas que alteren la superficie del concreto. (*Ver Figura 29*)



Fig. 29. Identificación de Cilindros.

7.1.1.1. Revisión de calidad en pruebas

Después de la elaboración se reviso en cada muestra que tuviera los siguientes puntos:

- a) Los cilindros se mantuvieran durante las primeras 24 horas libres de vibraciones.
- b) Durante la remoción de los moldes metálicos, los cilindros no se golpearan.
- c) Después de remover el molde se identificaran los cilindros con un marcador sin alterar la superficie.

7.1.2. Curado.

Durante las primeras 24 horas los moldes permanecieron en el sitio de elaboración, y se cubrieron con bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad y la retracción del concreto. **(Ver Figura 30)**



Fig. 30. Protección de los cilindros con bolsa Plástica para evitar pérdida de humedad.

Es necesario complementar la aplicación de esta prueba con las normas NMX-B-231, NMX-C-030-0NNCCE, NMX-C-177-1997– ONNCCE y NMX-C-084.

Se pone en funcionamiento la prensa hidráulica y se registra el valor de los resultados. Para calcular la resistencia a compresión, se aplica la siguiente fórmula:

$$R_{cc} = C / \text{Área superior del cilindro}$$

Donde: R_{cc} : Resistencia a compresión Kg/cm²

C: Carga aplicada en Kg

A: Área de apoyo de la carga en cm².

Luego se registran los resultados en las planillas correspondientes una vez calculada las resistencias mediante prensa hidráulica. **(Ver Figuras 31)**



Fig. 31. Ensayo de muestras de concreto, para determinar la resistencia a la compresión.

7.2. CONCLUSIONES.

En las pruebas ensayadas, pudimos entender la importancia que tienen cada uno de las recomendaciones de las Normas Mexicanas, así como los Manuales para Prácticas de Laboratorio, ya que en todas las pruebas los resultados obtenidos no variaron mucho, es decir fueron muy similares, ya que se siguieron paso a paso cada recomendación. Por lo cual podemos asegurar unos resultados muy confiables.

CAPÍTULO 8

MORTERO PLASTICO

8.1 SIGNIFICADO DE MORTERO.

El producto conocido en otros países como “Cemento para albañilería”, se ha denominado en México desde sus inicios, como “mortero”.

Esta denominación ha permanecido más por una tradición comercial que por tratarse de una palabra con algún origen técnico. En un principio, el mortero fue nombrado correctamente “cemento para albañilería”; sin embargo, debido a la confusión que causó el uso del Cemento Pórtland, se propició rápidamente el cambio.

En México y en el mundo, con antecedentes que se remontan mucho más atrás, la palabra mortero es utilizada con más frecuencia para denominar la mezcla elaborada con un cementante hidráulico, arena y agua. (*Ver Figura 32*)

En este sentido, la palabra mortero ha sido aceptada en la terminología técnica general, por lo que al denominar al producto objeto de esta norma como mortero, se ha comprobado que será fuente de confusión entre la comunicación técnica para la redacción de documentos y para la enseñanza.

Por todo lo anterior, y aprovechando el proceso de modernización que está viviendo México en el tema de normalización,

En este documento se ha querido corregir el nombre de este producto por el internacionalmente aceptado de: "Cemento para albañilería".

Al reconocer que el nuevo nombre podría acarrear confusión ante el público por un cambio repentino, se ha conservado al final del nuevo nombre (Cemento para albañilería), la palabra mortero, pero entre paréntesis, lo cual, a futuro, y conforme la costumbre logre corregir esta situación, se procurará quitar definitivamente.

Por lo tanto, el nombre actual del producto es: "Cemento para albañilería" (mortero).



Fig. 32. Mortero Cemento-arena para ensaye.

8.1.1. Clasificación

Para los efectos de esta norma mexicana, el Cemento para albañilería (mortero) se clasifica en un solo tipo, con un solo grado de calidad.

8.1.2. Especificaciones

Las especificaciones físicas para caracterizar la calidad del Cemento para albañilería (mortero) se establecen de acuerdo a la determinación de la unidad y condición de la sanidad (expansión en autoclave), tiempo de fraguado inicial, tiempo de fraguado final, resistencia a la compresión a siete y 28 días, contenido de aire y retención de agua.

8.1.3. Muestreo

El Cemento para albañilería (mortero) debe ser muestreado de acuerdo a lo establecido en la Norma Mexicana NMXC-414-ONNCCE.

8.2. ELABORACIÓN DE MORTEROS CON AGREGADO FINO PLÁSTICO.

Los morteros de cemento Portland se elaboran con arena, agua y cemento Portland.

Los morteros se han empleado tradicionalmente para pegar tabiques y en todo tipo de aplanados en muros y techos, sin embargo existen muchas otras aplicaciones en la ingeniería civil que tienen que ver con la necesidad de colocar un material de textura lo suficientemente fina para poder penetrar en pequeños resquicios ya sea para sellar, resanar o nivelar con mucha mayor facilidad de lo que es posible de hacer con los concretos.

La resistencia de los morteros de cemento Portland se evalúa por medio de ensayos de compresión, se emplean **cubos de mortero** de 5x5x5 cm aproximadamente elaborados de acuerdo a la norma ASTM C-109, la norma mexicana similar es la NMX C-061. Las resistencias se checarán a 7, 14, 21 y 28 días, según se requiera dependiendo del tipo de cemento que se use. (Ver **Figura 33**)



Fig. 334. Muestras de Mortero con Agregado Fino Plástico.

Esta resistencia de los morteros se desarrolla principalmente por la hidratación del cemento, la estructura que se logra, integrada por los granos de arena rodeados por la pasta de cemento endurece poco a poco convirtiéndose con el tiempo en una piedra artificial.

Los investigadores han llegado a correlacionar de manera exhaustiva la resistencia del mortero (kg./cm²) con la **relación** por peso entre el **agua** y el **cemento**, esta relación se denota por **a/c**.

La resistencia de los morteros se correlaciona también con otras propiedades en estado endurecido como son: la **densidad**, la **permeabilidad**, la **contracción por secado**, el **módulo de elasticidad**, la capacidad a **flexión**, expresada por medio del **módulo de ruptura**. (*Ver Figura 34*)

Debido a que los morteros no llevan grava son más fáciles de manejar y se consume menos energía en su mezclado y colocación, ya sea manual o por medios mecánicos.

Como se ha mencionado, para hacer un mortero se requiere cemento, arena y agua, estos ingredientes básicos se manejan en proporciones adecuadas según las necesidades de fluidez y resistencia

Los parámetros anteriores pueden ser evaluados mediante pruebas, de manera que es relativamente sencillo controlar la calidad del mortero.

Sin embargo en muchos trabajos el control se deja al albañil, el albañil controla de una manera empírica la calidad de la mezcla, casi siempre atendiendo exclusivamente a la facilidad de colocación del mortero y sin ninguna prueba extra. Esto es un grave error, pues origina una gran variabilidad en el material.

Además, contrario a la creencia de que el costo de los morteros es bajo, debe considerarse que en ellos se consume más cemento por unidad de volumen de lo que se puede consumir en muchos concretos de uso común, ya que por el simple hecho de emplearse exclusivamente arena como agregado, es necesario consumir altos volúmenes de pasta (cemento + agua) para rodear las partículas, esto debido a la gran superficie específica que ofrecen las arenas.

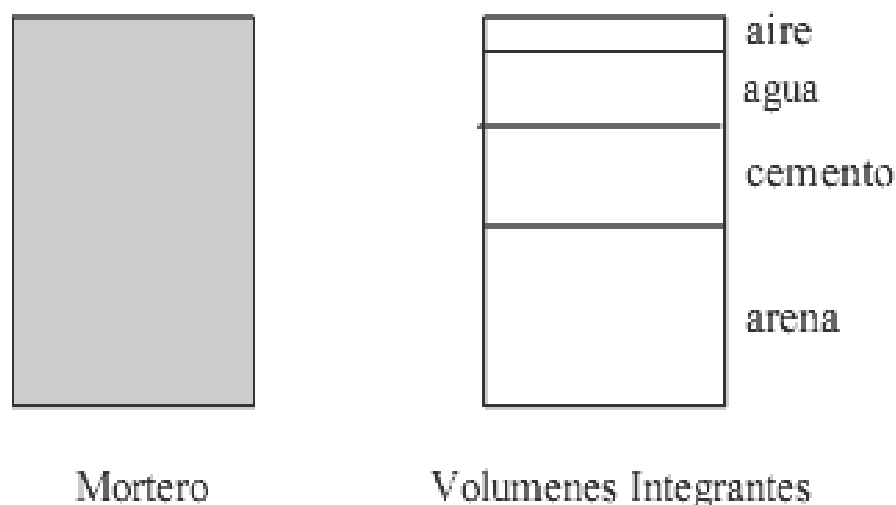


Figura 30. Volúmenes Integrantes de un Mortero de Cemento Portland.

Para poder elaborar un total de 12 muestras por Proporcionamiento se realizó mediante norma mexicana, el cálculo y diseño de mezcla para mortero, la cual se muestra a continuación en las **TABLAS 8.1, 8.2 y 8.3.**

TABLA 8.1: Material requerido para elaborar 12 muestras con un proporcionamiento de 90% de Agregado Natural Fino y 10% de Agregado Plástico Fino.

| | PESO ARENA GRAMOS | PESO PET GRAMOS | TOTAL |
|---------|-------------------|-----------------|--------|
| # 30 | 25.65 | 2.85 | 28.50 |
| # 40 | 358.95 | 39.89 | 398.84 |
| # 50 | 576.92 | 64.10 | 641.02 |
| # 100 | 320.51 | 35.61 | 356.12 |
| CEMENTO | | | 518.00 |
| AGUA | | | 764.40 |

MATERIAL REQUERIDO EN GRAMOS PARA ELABORAR UN MORTERO CON PROPORCION 90%-10%

TABLA 8.2: Material requerido para elaborar 12 muestras con un proporcionamiento de 80% de Agregado Natural Fino y 20% de Agregado Plástico Fino.

| | PESO ARENA GRAMOS | PESO PET GRAMOS | TOTAL |
|---------|-------------------|-----------------|--------|
| # 30 | 22.80 | 5.7 | 28.50 |
| # 40 | 319.07 | 79.77 | 398.84 |
| # 50 | 512.82 | 128.20 | 641.02 |
| # 100 | 284.9 | 71.22 | 356.12 |
| CEMENTO | | | 518.00 |
| AGUA | | | 764.40 |

MATERIAL REQUERIDO EN GRAMOS PARA ELABORAR UN MORTERO CON PROPORCION 80%-20%

TABLA 8.3: Material requerido para elaborar 12 muestras con un proporcionamiento de 70% de Agregado Natural Fino y 30% de Agregado Plástico Fino.

| | PESO ARENA GRAMOS | PESO PET GRAMOS | TOTAL |
|---------|-------------------|-----------------|--------|
| # 30 | 19.95 | 8.55 | 28.50 |
| # 40 | 279.20 | 119.66 | 398.86 |
| # 50 | 448.71 | 192.31 | 641.02 |
| # 100 | 249.28 | 106.82 | 356.10 |
| CEMENTO | | | 518.00 |
| AGUA | | | 764.40 |

MATERIAL REQUERIDO EN GRAMOS PARA ELABORAR UN MORTERO CON PROPORCION 70%-30%

8.3. PRUEBA DE FLUIDEZ.

La trabajabilidad de una mezcla de mortero tiene que ver con: la facilidad con que el albañil puede manejar la mezcla sin que se produzcan problemas de segregación, el tiempo en que la mezcla se puede trabajar sin que frague o se seque, la facilidad de colocación y la capacidad que posee la mezcla para retener el agua aun estando en contacto con superficies absorbentes como los tabiques u otros elementos constructivos.

Como se puede uno imaginar, resulta muy difícil calificar la trabajabilidad de una mezcla con una simple prueba, sin embargo se ha logrado evaluar de manera indirecta la trabajabilidad de una mezcla por medio de la prueba de fluidez, aunque en realidad la prueba de fluidez se relaciona más concretamente con lo aguado de la mezcla. Dicha prueba se realiza en una mesa de fluidez como se muestra en (*Ver Figura 34*)

Para poder realizar el diseño del mortero se realiza la prueba de Fluidez en donde se precedió a realizar dicha prueba según norma mexicana, y como se indica en la **TABLA 8.4**

La cantidad de Cemento para albañilería (mortero) y la cantidad de agua debe ser la necesaria para obtener una fluidez de $110\% \pm 5\%$, que debe ser determinada de acuerdo con el método de prueba según norma NMX-C-061-ONNCCE. (6)

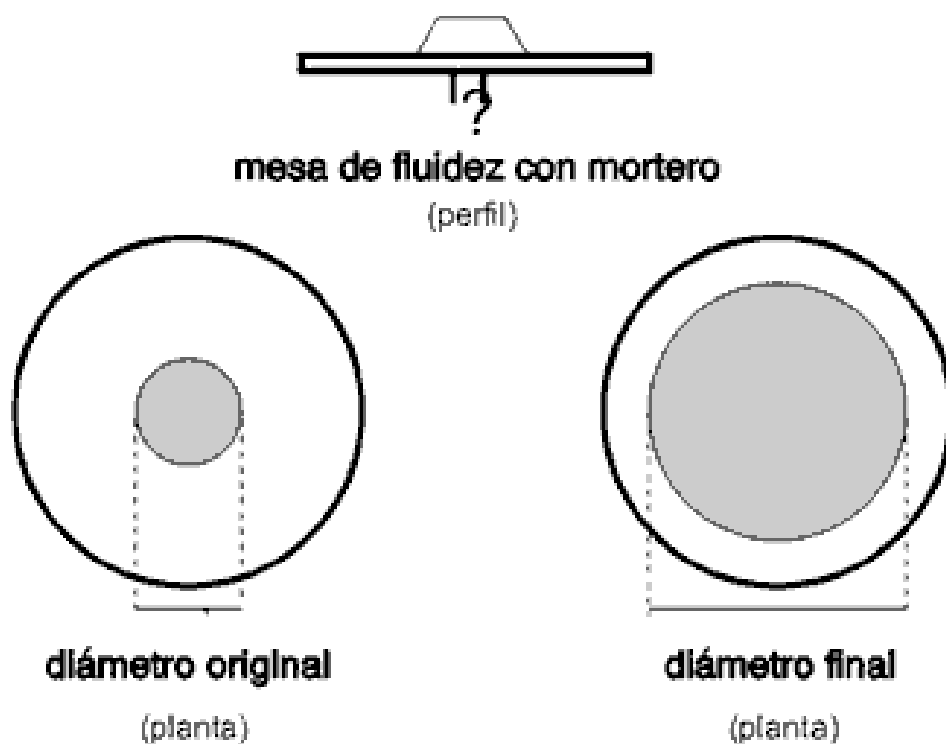


Fig. 34. Prueba de Fluidez para Morteros de Cemento Portland.

TABLA 24: MALLAS UTILIZADAS PARA EL TAMIZADO DE AGREGADO FINO

| PRUEBA DE FLUIDEZ | | | |
|-------------------|---------------|------------|---------------------|
| MALLA NO. | PESO RETENIDO | % RETENIDO | %RETENIDO ACUMULADO |
| 16 | | 0 | 0 |
| 30 | 2 | 2 | 2 |
| 40 | | 28 | 30 |
| 50 | | 46 | 76 |
| 100 | | 27 | 100 |

8.4 ELABORACION DE MUESTRAS DE MORTERO CON CEMENTO PORTLAND.

8.4.1. Llenado del Molde para Prueba de Fluidez.

Se limpia y se seca la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, se vierte en el molde una capa del mortero que se requiere ensayar, de unos 25 mm (1") de espesor, y se apisona con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos; con una segunda capa de mortero, se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. *(Ver Figura 35)*



Fig. 35. Llenado de Moldes para Cubos de Mortero.

La presión del compactado, será la suficiente que asegure el llenado uniforme del molde. Se retira el exceso de mortero de la capa superior y se alisa la superficie por medio de un palustre. **(Ver Figura 36)**



Fig. 36. Compactado de Material para muestras de mortero.

8.4.2. Vaciado de Molde con mortero para prueba de Fluidez

Se lleno el molde, se limpia y se seca la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde.

Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, se retira el molde, levantándolo e inmediatamente se deja caer la mesa de flujo desde una altura de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ") 25 veces en 15 segundos.

Luego se mide el diámetro de la base de la muestra, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calcula el diámetro promedio. **(Ver Figura 37)**



Fig. 37. Medición de Mesa de fluidez.

8.4.2.1. Interpretación de los resultados.-

La fluidez es el aumento del diámetro de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde, según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 101.6 \text{ mm}}{101.6 \text{ mm}} \times 100$$

Una vez que se mezclen las cantidades diseñadas para la elaboración de las muestras de Mortero Plástico, se usaran las cantidades calculadas de Cemento Portland, Agua y Agregados Finos Naturales para lograr la calidad deseada en nuestros morteros. **(Ver Figura 38).**



Fig. 38. Mezclado de Agregado Fino Natural con Agregado Fino Plástico.

Terminado este procedimiento se determina un diseño de proporción de Agregados Finos y de porcentaje de Mallas retenidas, el cual nos servirá para la elaboración de nuestros moldes de concreto, el cual se cimbra en un molde metálico inoxidable con tres piezas cada molde, el cual mide 5cm en cada lado. .

(Ver Figuras 39)



Fig. 39. Vaciado de Mezcla de Mortero sobre Moldes de metal.

Una vez que hayan fraguado los cubos de concreto y se hayan obtenido las muestras necesarias para elaborar los ensayos, se continuara con el curado en agua común, para poder contener su humedad cuando vayan a ser requeridos para su ensaye previamente clasificado cada muestra. . **(Ver Figuras 40 y 41)**



Fig. 40. Muestras de Mortero fraguadas.



Fig. 41. Curado de muestras en recipiente con agua común.

8.4 RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS A LA COMPRESIÓN PARA MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND.

Los principios básicos de comportamiento de los morteros se derivan de la estructura que presenta este material, todo mortero está formado por un volumen de pasta, un volumen de sólidos (arena), y un volumen de aire.

Esta prueba se debe efectuar de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-C-61ONNCCE. El agua necesaria para la prueba se determina con la prueba de fluidez de acuerdo a lo indicado.

Las probetas deben permanecer en sus moldes durante $50 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ antes de desmoldarse; posteriormente se almacenan en el gabinete a cuarto húmedo por cinco días más hasta su ruptura para la prueba de resistencia a siete días; las probetas restantes se sumergen en agua, hasta la edad de prueba de 28 días.

La resistencia a la compresión, tal como lo especifica la norma ASTM C 150, es la obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5 cm, ensayados de acuerdo a la norma ASTM 109. Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita y utilizando una arena estándar. **(Ver Figura 39)**

En los Morteros Estabilizados se puede lograr una retención de humedad cercana al 80% y una resistencia a la compresión desde 50 hasta 150 Kg/cm².

Dependiendo de la aplicación y a solicitud del cliente, el mortero estabilizado se mezcla con arena de diferentes tamaños; desde 2 mm hasta 4.75 mm.



Fig. 42. Mortero ensayado a la compresión mediante Prensa hidráulica.

A continuación se describen los diferentes ensayos realizados a los componentes del mortero con Agregado Fino, de manera tal, que se puede verificar su calidad, y asegurar un buen comportamiento en la mezcla, estos resultados se muestran en las **TABLAS 8.1, 8.2 y 8.3)**

TABLA 8.1. PRUEBA APLICADA A CUBO DE MORTERO CON PROPORCION 90% AGREGADO NATURAL Y 10% AGREGADO PLASTICO, PARA CONOCER TIEMPO Y CARGA APLICADA.

| | 7 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | PROMEDIO |
|------------|---------|--------------|------------|----------|
| MUESTRA 1 | | 39 | 1560 | 1,503 |
| MUESTRA 2 | | 40 | 1430 | |
| MUESTRA 3 | | 38 | 1520 | |
| | 14 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 4 | | 31 | 1720 | 1,727 |
| MUESTRA 5 | | 40 | 1970 | |
| MUESTRA 6 | | 35 | 1490 | |
| | 21 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 7 | | 33 | 1750 | 1,803 |
| MUESTRA 8 | | 40 | 1790 | |
| MUESTRA 9 | | 35 | 1870 | |
| | 28 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 10 | | 50 | 1820 | 1,840 |
| MUESTRA 11 | | 30 | 1840 | |
| MUESTRA 12 | | 32 | 1860 | |

IDENTIFICACION DE MORTEROS CON PROPORCION MORTERO 90% AGREGADO FINO NATURAL- 10% AGREGADO FINO PLASTICO.

TABLA 8.2. PRUEBA APLICADA A CUBO DE MORTERO CON PROPORCION 80% AGREGADO NATURAL Y 20% AGREGADO PLASTICO, PARA CONOCER TIEMPO Y CARGA APLICADA.

| | 7 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | PROMEDIO |
|------------|---------|--------------|------------|----------|
| MUESTRA 1 | | 32 | 1200 | 1,080 |
| MUESTRA 2 | | 34 | 1040 | |
| MUESTRA 3 | | 36 | 1000 | |
| | 14 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 4 | | 28 | 1530 | 1,337 |
| MUESTRA 5 | | 24 | 1330 | |
| MUESTRA 6 | | 23 | 1150 | |
| | 21 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 7 | | 33 | 1350 | 1,373 |
| MUESTRA 8 | | 40 | 1400 | |
| MUESTRA 9 | | 35 | 1370 | |
| | 28 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 10 | | 30 | 1410 | 1,413 |
| MUESTRA 11 | | 28 | 1440 | |
| MUESTRA 12 | | 31 | 1390 | |

IDENTIFICACION DE MORTEROS CON PROPORCION MORTERO 890% AGREGADO FINO NATURAL- 20% AGREGADO FINO PLASTICO.

TABLA 8.3. PRUEBA APLICADA A CUBO DE MORTERO CON PROPORCION 70% AGREGADO NATURAL Y 30% AGREGADO PLASTICO, PARA CONOCER TIEMPO Y CARGA APLICADA.

| | 7 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | PROMEDIO |
|------------|---------|--------------|------------|----------|
| MUESTRA 1 | | 35 | 1270 | 1,240 |
| MUESTRA 2 | | 36 | 1300 | |
| MUESTRA 3 | | 29 | 1150 | |
| | 14 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 4 | | 42 | 1350 | 1,450 |
| MUESTRA 5 | | 38 | 1550 | |
| MUESTRA 6 | | 37 | 1450 | |
| | 21 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 7 | | 33 | 1710 | 1,757 |
| MUESTRA 8 | | 40 | 1760 | |
| MUESTRA 9 | | 35 | 1800 | |
| | 28 DIAS | TIEMPO (SEG) | CARGA (KG) | |
| MUESTRA 10 | | 42 | 1800 | 1,777 |
| MUESTRA 11 | | 32 | 1750 | |
| MUESTRA 12 | | 30 | 1780 | |

IDENTIFICACION DE MORTEROS CON PROPORCION MORTERO 70% AGREGADO FINO NATURAL- 30% AGREGADO FINO PLASTICO.

La resistencia a la compresión, tal como lo especifica la norma ASTM C 150, es la obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5 cm, ensayados de acuerdo a la norma ASTM 109.

Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita y utilizando una arena estándar.

La resistencia a la compresión está influida por el tipo de cemento, para precisar, por la composición química y la finura del cemento.

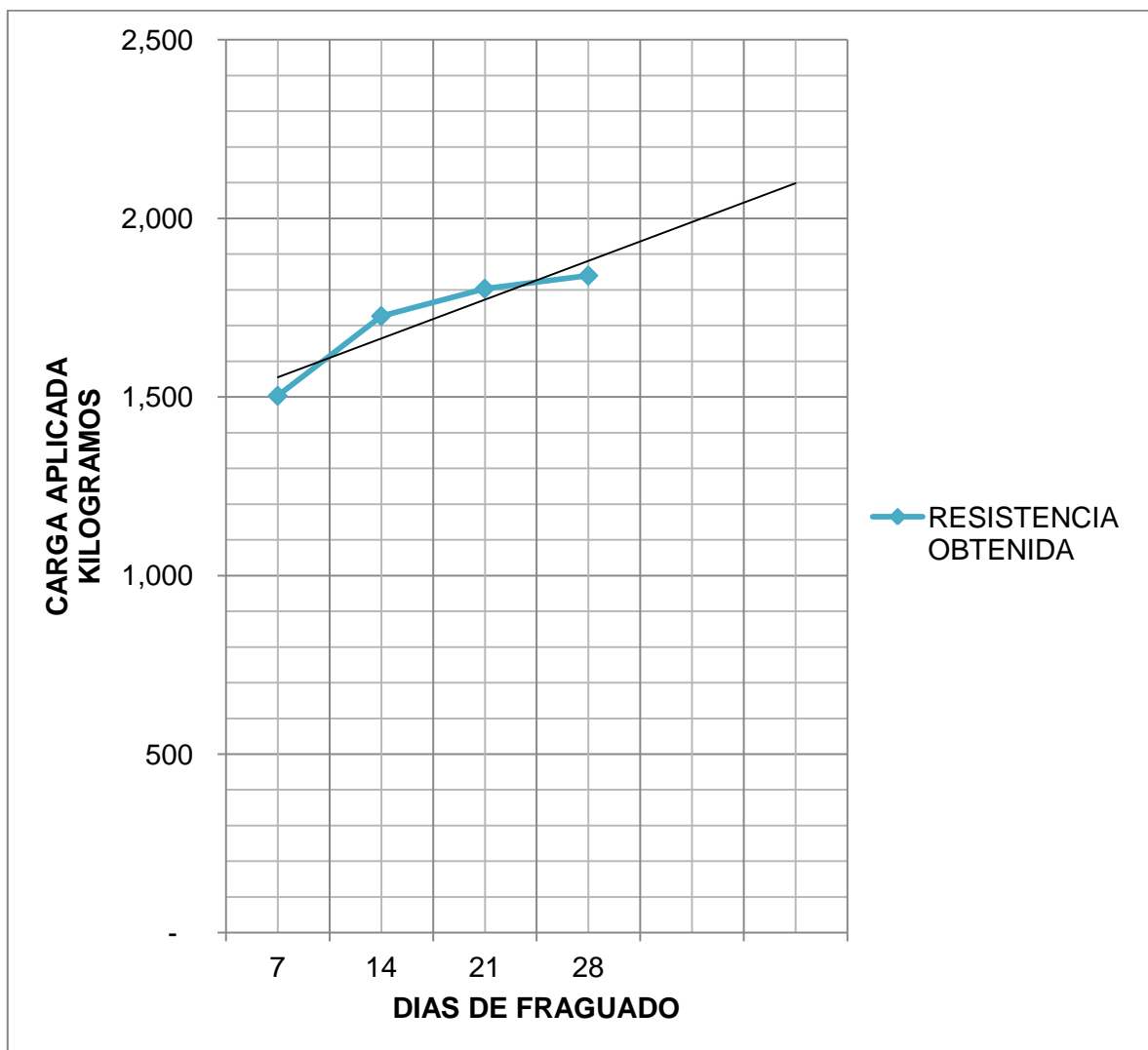
La norma ASTM C 150 sólo fija un requisito mínimo de resistencia que es cómodamente rebasado por la mayoría de los fabricantes.

Por lo anterior, no se debe pensar que dos tipos de cemento Portland que cubran los mismos requisitos mínimos produzcan la misma resistencia en el mortero o en el concreto cuando no se hayan modificado las proporciones de las mezclas.

En general, las resistencias de los cementos (teniendo como base las pruebas de cubos de mortero) no se pueden usar para predecir las resistencias de los concretos con exactitud debido a la gran cantidad de variables en las características de los agregados, mezclas de concreto y procedimientos constructivos.

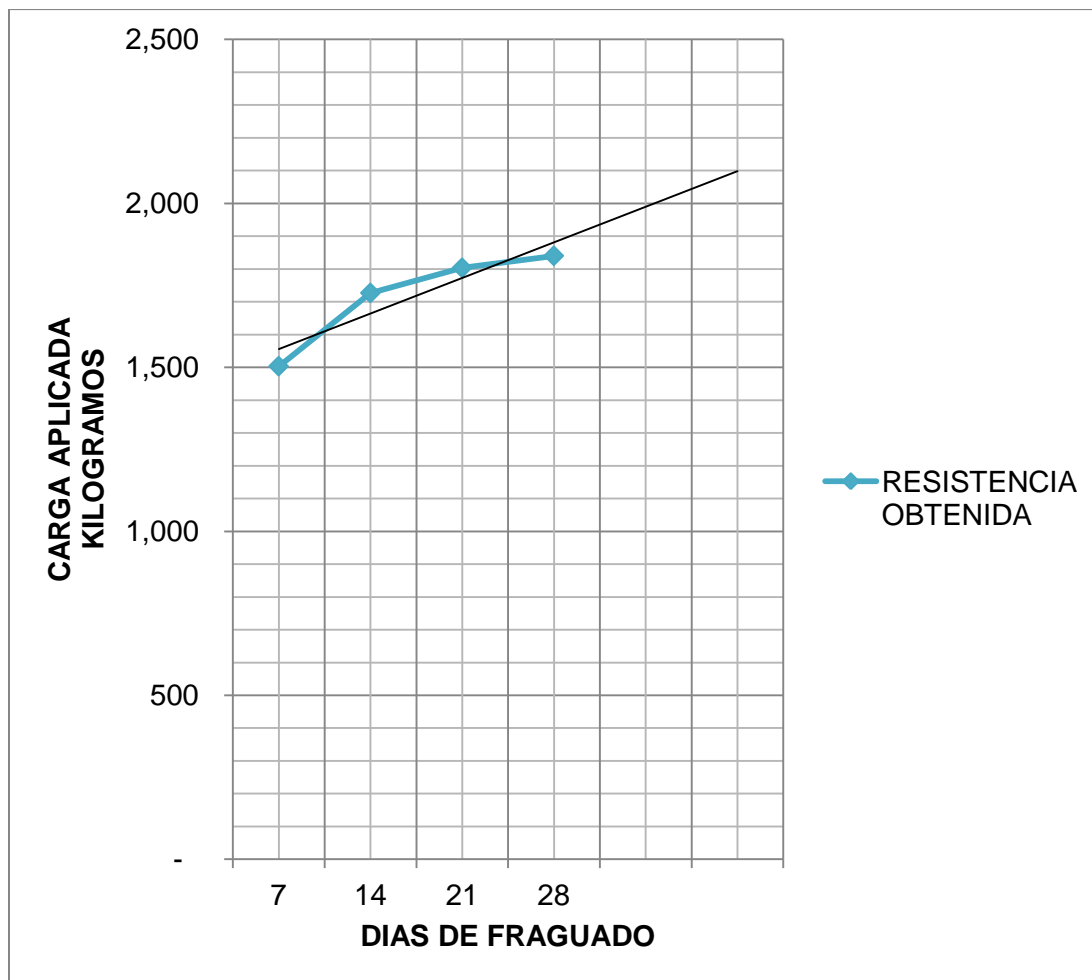
La Resistencia obtenida para los cubos de mortero vario en cuestión del Proporcionamiento diseñado para cada los días en que se diseñaron, cada muestra de mortero se ensayo a los 7, 14, 21 y 28 días, y lo resultados se muestran en las **TABLAS 8.4, 8.5 Y 8.6:**

TABLA 8.4: RESISTENCIA OBTENIDA PARA CUBO DE MORTERO CON PROPORCION 90% AGREGADO NATURAL Y 10% AGREGADO PLASTICO.



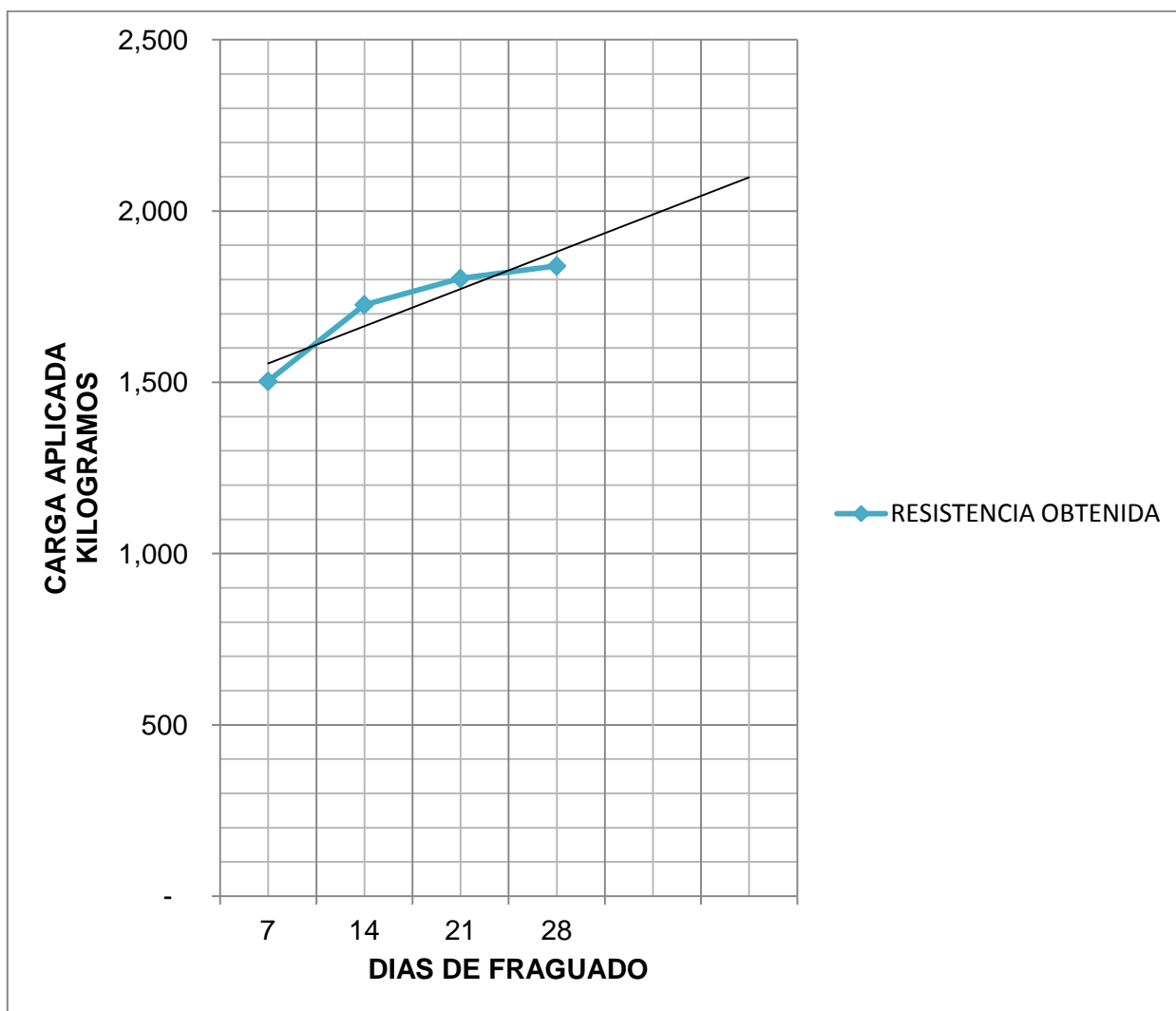
**RESISTENCIA OBTENIDA PARA
MORTERO 90%-10%**

TABLA 8.5: RESISTENCIA OBTENIDA PARA CUBO DE MORTERO CON PROPORCION 80% AGREGADO NATURAL Y 20% AGREGADO PLASTICO.



**RESISTENCIA OBTENIDA PARA
MORTERO 80%-20%**

TABLA 8.6: RESISTENCIA OBTENIDA PARA CUBO DE MORTERO CON PROPORCION 70% AGREGADO NATURAL Y 30% AGREGADO PLASTICO.



**RESISTENCIA OBTENIDA PARA
MORTERO 70%-30%**

8.5. RESULTADOS OBTENIDOS A LAS MUESTRAS ENSAYADAS

La resistencia a la compresión del mortero simple obtenida a los veintiocho días (28) de edad, en especímenes cúbicos de 5 cm por lado, será como mínimo la indicada en la tabla 1 de esta norma, según el tipo de mortero del que se trate.

(7)

| TIPO | RESISTENCIA MINIMA MPA KG/CM2 |
|------|-------------------------------|
| I | 12,5 (127) |
| II | 7.5 (76) |
| III | 4,0 (41) |

El mezclado es una etapa muy importante en la elaboración de los morteros, frecuentemente esta etapa se maneja descuidadamente pensando que no influye en la calidad del producto final, cuando resulta exactamente lo contrario.

Es común observar que los morteros se elaboran directamente sobre el suelo, lo que contamina el material y causa una baja en resistencia.

Cuando los morteros se mezclan a mano, el trabajo se debe hacer sobre plataformas impermeables o sobre charolas grandes cuando la consistencia de la mezcla es aguada.

7) DATOS EXTRAIDOS DE LA NORMA N-CMT-2-01-004/02 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Algunos principios fundamentales en la dosificación de morteros incluyen lo siguiente:

Morteros con altos consumos de cemento generan altas resistencias pero también pueden agrietarse excesivamente durante el secado. Este tipo de morteros fraguan muy rápido, son muy densos, durables e impermeables y poseen una gran capacidad de adherencia.

Los morteros con bajo contenido de cemento son muy estables a los cambios volumétricos, pero poseen muy baja adherencia, también son muy absorbentes y por su baja resistencia son menos durables y rigidizan menos a estructuras como la mampostería de tabique.

Los morteros con altos contenidos de arena son más económicos y más estables a los cambios volumétricos, siempre y cuando cumplan con la resistencia deseada.

La granulometría, textura y forma de los granos de arena son muy importantes en el comportamiento de los morteros en estado fresco y tienen que ver tanto en el consumo de pasta de cemento como en la resistencia final del producto.

Una vez terminado el diseño para la mezcla de mortero, y después de haber descimbrado los cubos de mortero, se prosiguió a descimbrar cada muestra, a la cual se le tomo medida en alto, largo y ancho, así como su peso individual para poder clasificarlo, como se muestra en la **TABLA 8.7, 8.8 Y 8.9**

TABLA 8.7.ASIGNACION DE CLAVE, Y TOMA DE MEDIDAS PARA MUESTRAS DE MORTERO CON PROPORCION 90% DE AGREGADO FINO NATURAL Y 10% AGREGADO FINO PLASTICO.

| | PESO | ANCHO | ALTO | LARGO |
|-----|--------|-------|-------|-------|
| M1 | 209.20 | 5.075 | 5.035 | 5.040 |
| M2 | 211.70 | 5.110 | 5.050 | 5.110 |
| M3 | 210.20 | 5.070 | 5.040 | 5.010 |
| M4 | 208.90 | 5.060 | 5.055 | 4.915 |
| M5 | 212.10 | 5.045 | 5.135 | 5.035 |
| M6 | 208.80 | 5.110 | 5.060 | 5.110 |
| M7 | 215.50 | 5.055 | 5.150 | 5.050 |
| M8 | 207.00 | 5.095 | 5.050 | 5.080 |
| M9 | 213.20 | 5.130 | 5.045 | 5.150 |
| M10 | 211.30 | 5.195 | 5.060 | 5.075 |
| M11 | 208.70 | 5.065 | 5.160 | 5.070 |
| M12 | 208.20 | 5.045 | 5.130 | 5.045 |

CLASIFICACION PARA MORTERO 90%-10%

TABLA 8.8 .ASIGNACION DE CLAVE, Y TOMA DE MEDIDAS PARA MUESTRAS DE MORTERO CON PROPORCION 80% DE AGREGADO FINO NATURAL Y 20% AGREGADO FINO PLASTICO.

| | PESO | ANCHO | ALTO | LARGO |
|-----|--------|-------|-------|-------|
| M1 | 204.20 | 5.110 | 5.110 | 5.095 |
| M2 | 204.60 | 5.025 | 5.150 | 5.025 |
| M3 | 203.70 | 5.140 | 5.070 | 5.160 |
| M4 | 200.50 | 5.010 | 5.075 | 5.095 |
| M5 | 203.30 | 5.075 | 5.135 | 5.075 |
| M6 | 202.80 | 5.040 | 5.150 | 5.040 |
| M7 | 198.80 | 5.080 | 5.050 | 5.010 |
| M8 | 199.50 | 5.050 | 5.140 | 5.080 |
| M9 | 197.50 | 5.065 | 4.965 | 5.120 |
| M10 | 203.50 | 5.110 | 5.065 | 5.075 |
| M11 | 204.10 | 5.065 | 5.020 | 5.110 |
| M12 | 202.30 | 5.110 | 5.110 | 5.035 |

CLASIFICACION PARA MORTERO 80%-20%

TABLA 8.9 .ASIGNACION DE CLAVE, Y TOMA DE MEDIDAS PARA MUESTRAS DE MORTERO CON PROPORCION 70% DE AGREGADO FINO NATURAL Y 30% AGREGADO FINO PLASTICO.

| | PESO | ANCHO | ALTO | LARGO |
|-----|--------|-------|-------|-------|
| M1 | 204.10 | 5.110 | 5.064 | 5.028 |
| M2 | 203.90 | 5.080 | 5.082 | 5.032 |
| M3 | 205.80 | 5.028 | 5.050 | 5.140 |
| M4 | 204.90 | 5.075 | 5.050 | 5.096 |
| M5 | 204.90 | 5.110 | 5.180 | 5.110 |
| M6 | 203.90 | 4.940 | 5.130 | 5.110 |
| M7 | 204.40 | 5.140 | 5.032 | 5.096 |
| M8 | 203.80 | 5.110 | 5.110 | 4.980 |
| M9 | 207.00 | 5.064 | 5.055 | 5.110 |
| M10 | 204.20 | 5.078 | 4.977 | 5.050 |
| M11 | 203.10 | 5.055 | 5.050 | 5.028 |
| M12 | 204.70 | 5.081 | 5.080 | 5.046 |

CLASIFICACION PARA MORTERO 70%-30%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos por los resultados que arrojó el concreto con grava plástica se puede concluir que:

- 1) La grava Plástica obtuvo resultados positivos al intercalarla en proporción por grava convencional, para la realización de concretos pobres como lo son Banquetas, guarniciones y firmes, las pruebas de laboratorio confirmaron el resultado de la resistencia a la cual se pretendía llegar, por lo tanto el uso de esta grava puede ser usado confiablemente.
- 2) El uso de la grava plástica en el concreto llegó a reducir en un 3.0 % el volumen total de masa de un cilindro de concreto con proporción 90-10%, 6.0% en proporción 80-20% y hasta un 10% en concreto 70-30%
- 3) Los agregados, constituyen desde un 70 % hasta un 85 % del peso de la mezcla, lo cual implica que se debe verificar su calidad para asegurar un buen resultado final.
- 4) Por otra parte, desde el punto de vista del diseño de mezcla, cuanto mayor sea el tamaño del agregado grueso, menos agua y cemento se requieren para producir concreto de una calidad alta.
- 5) Los resultados que se obtuvieron en los ensayos realizados a los componentes del concreto, son producto de la aplicación de una serie de parámetros establecidos por las Normas Mexicanas, referente al Control de Calidad del Concreto y sus Componentes.
- 6) Estos ensayos practicados arrojaron resultados satisfactorios que permitieron calificar a los materiales como buenos y aptos para realizar las mezclas de prueba de concreto.
- 7) Por ser el concreto un material constituido por diferentes componentes, su calidad final, tanto en estado fresco como en estado endurecido, depende fundamentalmente de la calidad de los materiales empleados en su elaboración.
- 8) Dichos ensayos están basados en las Normas Mexicanas referente a cada caso específico.

BIBLIOGRAFIA.

NORMAS DE CONCRETO

- http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Energias/Estudiando_la_factibilidad_del_hidrogeno_como_energia
- http://es.wikipedia.org/wiki/Plástico#Propiedades_y_características.
- <http://www.eluniversal.com.mx/notas/680991.html>
- NOM-008-SCFI-1993 "Sistema general de unidades de medida".
- NMX-Z-013-SCFI-1993 "Guía para la redacción y presentación de normas mexicanas".
- ASTM-C-91-1995 "Standard Specification for Masonry Cement".

NORMAS DE MORTERO

- NMX-C-021-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Cemento para albañilería (mortero) – Especificaciones y métodos de prueba.
- NMX-C-057-1997-ONNCCE Industria de la construcción – Cementantes hidráulicos – Determinación de la consistencia normal.
- NMX-C-059-1997-ONNCCE Industria de la construcción – Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (método de Vicat).
- NMX-C-061-ONNCCE-2001 Industria de la construcción – Cemento – Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-062-1997-ONNCCE Industria de la construcción – Método de prueba para determinar la sanidad de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-085-ONNCCE-2002 Industria de la construcción – Cementos hidráulicos – Método estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-144-ONNCCE-2002 Industria de la construcción – Cementos hidráulicos – Requisitos para el aparato usado en la determinación de la fluidez de morteros con cementantes hidráulicos.

- NMX-C-148-ONNCCE-2002 Industria de la construcción – Cementos hidráulicos – Gabinetes y cuartos húmedos y tanques de almacenamiento para el curado de especímenes de mortero y concreto de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-152-1997-ONNCCE Industria de la construcción – Cementantes hidráulicos – Método de prueba para la determinación del peso específico de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-329-ONNCCE-2002 Industria de la construcción – Cementos hidráulicos – Determinación de la granulometría de la arena de sílice utilizada en la preparación de los morteros de cementantes hidráulicos.

NMX-C-414-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Cementos hidráulicos – Especificaciones y métodos de prueba.